

سلسلة العلوم والتكنولوجيا

الكتاب  
الرقمي  
٢٠٠٨

# عصر الـجِيناتِ وَالْإِلِكْتِرُونَاتِ

«الإنسانُ المَزِيدُ وشبكةُ العالمِ أجمع»

تأليف: والتر تروت أندرسون

ترجمة: دكتور أحمد مستجير





عصر الجينات والبيانات  
الإنسان التزديد وشبكة العالم أجمع



برعاية السيدة  
سوزان مبارك

المشرف العام  
د. ناصر الأنصاري

الجهات المشاركة

جمعية الرعاية التكاملة المركبة

وزارة الثقافة

وزارة الإعلام

وزارة التربية والتعليم

وزارة التنمية المحلية

المجلس القومي للشباب

وزارة التنمية الاقتصادية

تصميم الغلاف  
إيمان حسني

التنفيذ  
الهيئة المصرية العامة للكتاب



# عصر الحِیَنَات وَالْإِلَکْتَرُونَات «الإنسان المزید وشبکة العالم أجمع»

تألیف: والتر تروت أندرسون  
ترجمة: دکتور أحمد مستجیر



## عصر الجينات والإلكترونيات

لوحة الغلاف من أعمال الفنان: رؤوف رأفت

كإضافة جديدة لمكتبة الأسرة قدمنا على غلاف كل كتاب لوحة تشكيلية لفنان مصري معاصر من مختلف المدارس والأجيال وهذه اللوحات لا تعبر بالضرورة عن موضوع الكتاب. وتتقدم مكتبة الأسرة بالشكر لقطاع الفنون التشكيلية بوزارة الثقافة ومتحف الفن المصري الحديث على هذا التعاون.

أندرسون، والتر تروت .

عصر الجينات والإلكترونيات (الإنسان المزيّد وشبكة العالم أجمع) // تأليف: والتر تروت أندرسون؛ ترجمة: أحمد مستجير . - القاهرة : الهيئة المصرية العامة للكتاب ، ٢٠٠٩ .

٢٢٤ ص ؛ ٢٤ سم (أسرة ٢٠٠٩ - ع. وتكنولوجيا)

تدملك : ١ - ٧٤٩ - ٤٢٠ - ٩٧٧ - ٩٧٨ .

١ - الجينات . ٢ - الوراثة - خصائص .

٣ - الجينات - كيمياء ، حيوية .

١ - مصطفى، أحمد مستجير، ١٩٢٤-٢٠٠٦ (مترجم).

ب - العنوان . ج - السلسلة .

رقم الإيداع بدار الكتب ٤٩١٢ / ٢٠٠٩

I.S.B.N 978-977-420-749-1

ديوى ٥٧٦،٥٢

## توطئة

منذ ثمانية عشر عامًا انطلق مهرجان القراءة للجميع على جناح فكرة أن الكتاب هو عماد المعرفة الرئيسى، والثقافة الرفيعة، وأن الكتاب ينفرد عن غيره من أدوات التثقيف ومصادر المعرفة بقدرته على تنمية الفكر وصنع العقول المستتيرة، وتكوين الشخصيات المتميزة، وفتح آفاق الاستنارة أمام الملايين، والإسهام فى تشكيل وجدان الأمة، وحفظ تراثها، والوصول إلى رؤى مستقبلية لنهضتها.

ولقد حرصت مكتبة الأسرة طوال أعوامها السابقة كرافد رئيسى للمهرجان على تحقيق الهدف النبيل من تأسيسها.. ذلك الهدف الذى تحدد فى طرح العبقرية الإبداعية والفكرية والعلمية للمجتمع المصرى المعاصر، وفتح نوافذ على الفكر والإبداع العالمى، وإقامة جسور بين الحضارات المختلفة، والتعرف على ثراء التاريخ الفرعونى والإسلامى، وأخيرًا تحفيز الأجيال الجديدة على القراءة حتى تصبح عادة، بل ضرورة ملحة لترسيخ أهميتها فى الأذهان من خلال كتب عظيمة الفائدة، تباع بأسعار رمزية فى متناول الملايين.

ولأن وصول الكتاب إلى كل مكان فى مصر سيظل حلم السيدة الفاضلة سوزان مبارك، راعية القراءة للجميع. فلقد أعلنت هذا العام مبادرتها الجديدة بإهداء مليون كتاب مجانًا للمجتمع، ولأن مهرجان القراءة للجميع يتخذ شعارًا مختلفًا كل عام يتواءم مع الرسالة التى يهدف إلى تحقيقها وتنوعها وتطورها عامًا بعد عام، فإن مكتبة الأسرة تتخذ توجهًا عامًا فى اختياراتها للكتب، يستهدف دائمًا تحقيق ومى عام متجدد يطور القوى الاجتماعية، ويقوم على

منظومة قيم تتلخص فى تعميق دور العلم والتفكير العلمى، وتعزيز الديمقراطية، والتعددية وترسيخ قيمة المواطنة والانتماء والمشاركة والمسؤولية، ودور مؤسسات المجتمع المدنى، وتأكيد قيمة التسامح وثقافة السلام، وترسيخ قيمة دور المرأة، وقيمة التجدد الثقافى والتفكير النقدى والحوار والتبادل والتواصل المجتمعى والدولى، وإبراز تواصل الإبداع المصرى. ولقد تم استحداث قيمة جديدة هذا العام هى تعزيز تجليات الوطن وقضاياها، وذلك لمواجهة متغيرات خرائط الصراع المضاد، الذى يسمى إلى التفتيت بإشغال الفتن والانقسامات التى تحول الانتماء الوطنى إلى ولاءات لأعراق وعقائد ومذاهب، وفق تصنيفات قاطعة تعمل على تعبئة الناس وقولبتهم لكى تضعهم فى موقف التضاد بعضهم لبعض على سبيل الاستبعاد والاستعداد للنيل من سيادة الدولة الوطنية، وانتهاك دعمها للمواطنة والديمقراطية والمجتمع المدنى ومشروعية التعايش؛ ولذا ستظهر تجليات الوطن وقضاياها وتتجسد فى الإبداعات التى ستطرحها مكتبة الأسرة هذا العام.

لقد نهض صرح مكتبة الأسرة على أعمدة المكتبة العربية، وثرأ تحفها الإبداعية والفكرية، واكتشاف الأقلام الموهوبة الشابة، فالتف الجميع حوله كواحد من أكبر المشاريع الثقافية فى تاريخ مصر الحديث، تأمل دائماً أن يحقق أحلامه العظمى، وأن يساهم مساهمة فعلية فى نهضة المجتمع.

مكتبة الأسرة

## تقديم

أحمد مستجير العالم، الباحث، والأديب الشاعر والإنسان أبو علم الهندسة الوراثية في مصر، والعالم العربي، أثرى المكتبة العربية بأكثر من ٢٥ مؤلفاً في علوم الوراثة إضافة إلى الترجمات الأدبية والعلمية، وحصل على عدد من أرفع الأوسمة في مصر، وكان عضواً في نحو ١٢ هيئة وجمعية علمية وثقافية.

ولد الدكتور أحمد مستجير مصطفى في ديسمبر ١٩٣٤م بالصالحات مركز دكرنس محافظة الدقهلية، وعاش عمره كله حاملاً على كاهله النهوض بالهندسة الوراثية، والتكنولوجيا الحيوية، ولغة الجينات والإلكترونيات وغيرها من العلوم الإنسانية.

شغل درجة مدرس بكلية الزراعة جامعة القاهرة ١٩٦٤، ثم درجة أستاذ مساعد بكلية الزراعة جامعة القاهرة ١٩٧١، ثم درجة أستاذ بكلية الزراعة جامعة القاهرة ١٩٨٦، ثم انتخب عميداً لكلية الزراعة جامعة القاهرة من ١٩٨٦ حتى ١٩٩٥، ثم عين أستاذاً متفرغاً بكلية الزراعة جامعة القاهرة منذ ١٩٩٥.

فعندما نذكر الهندسة الوراثية لابد وأن نذكر الدكتور أحمد مستجير، الذي أطلق عليه لقب «الأديب المتتكر في صورة العالم»، نظراً لتعدد إسهاماته في أكثر من ميدان علمي وأدبي وإنساني، ويستعرض كتابه «عصر الجينات والإلكترونيات» القضايا العلمية بدءاً بالحاضر بكل إنجازاته المذهلة وتقدمه في مجالات الحاسبات والاتصالات والإلكترونيات والهندسة الوراثية، وهندسة الجينات والتفاعل فيما بينها مع غيرها من قضايا العصر.. والمتنظر حدوث تطورات تؤدي إلى نقلة حضارية في حياة الجنس البشري على كوكب الأرض.

فمن ثورة التركيب الذري، إلى ثورة الإعلام، إلى ثورة الاتصالات، إلى ثورة الفضاء، إلى ثورة الإلكترونيات، إلى ثورة المعلومات، إلى ثورة الذكاء الاصطناعي، ثم إلى ثورة الهندسة الوراثية، وامتدت تطبيقات الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية إلى جميع أوجه حياتنا اليومية؛ مما يصعب معه أن تقوم دولة بمفردها بإعداد خطة تنمية اقتصادية للاستفادة من هذه الثورة الصناعية؛

لزيادة معدلات إنتاجها القوى وبناء كفاءات بشرية واستمرارها، ولما كانت دول الوطن العربي بما تملك من مقومات وأسس مشتركة ومبادئ وقيم دينية وأخلاقية تفرض عليها الحفاظ على شكل من أشكال التقارب والتعاون فيما بينهم لتحقيق التكامل العربي المنشود، خصوصاً ما ينعكس على مستقبلها الاقتصادي والحضارى ووجودها بوصفها كياناً مؤثراً فى خريطة العالم المستقبلية.

يمزج كتاب عصر الجينات والإلكترونات علم الأحياء مع دراسات تاريخية وثقافية وسكانية ولغوية. محاولاً أن يجلى الفموض الذى يحيط بعلم الوراثة. والكتاب بمؤلفه (والتر تروت أندرسون) ومترجمه (د. أحمد مستجير) إضافة قوية إلى مكتبة الثقافة العربية والعلمية ليتمكن القارئ من التعايش مع العصر الحالى والمتغيرات المستقبلية.

ويسر مكتبة الأسرة أن تقدم للقارئ هذا الكتاب ضمن إصداراتها هذا العام عن طبعته الأولى الصادرة عام ١٩٩٨ عن كتاب «سطور».

# الفهرس

الصفحة	الفصل
٩	مقدمة : ماذا لو تغير كل شيء ، ثم لم يلحظ احد
	<u>الجزء الأول : اللقاء البيوني</u>
١٧	الفصل الأول : الكمبيوتر يقابل الجين
٣٧	الفصل الثاني : البيوإلكترونيات الدقيقة : حثث من الثوار
٥٧	الفصل الثالث : البيوإلكترونيات المظلمى : شبكة العالم لجمع
٧٩	الفصل الرابع : ترحيب بمجتمع المعلومات البيولوجية
	<u>الجزء الثاني : الحياة المتغيرة للجسم البشري</u>
٩٩	الفصل الخامس : الزيت، كديمه وحديثه
١١٩	الفصل السادس : الرابطة البشرية الحيوانية
١٣٥	الفصل السابع : حكمة الجسم: الحياة الخاصة والقضايا العامة
	<u>الجزء الثالث : تطور الزراعة والصناعة</u>
١٥٩	الفصل الثامن : إعادة ابتكار الزراعة
١٨٣	الفصل التاسع : الصناعات البيومعلوماتية
	<u>الجزء الرابع : الحياة المتغيرة لكوكب الأرض</u>
٢٠١	الفصل العاشر : التوجيه البشري للنظم البيولوجية الطبيعية
٢٢٥	الفصل الحادي عشر : ظلال الخضر المتغيرة
٢٤٧	الفصل الثاني عشر : مدرسة بلا حدود
	<u>معجم بالمصطلحات الإنجليزية</u>
٢٧١	معجم إنجليزي - عربي
٢٨٧	معجم عربي - إنجليزي

العنوان الأصلي للكتاب

*Evolution isn't what it used to be,*

By W.T. Anderson,

Published by W.H. Freeman & Co. ,1996.



اقترح جاك إيلول، وقد أزعجته النواحي السلبية للتكنولوجيا " أن التطور... يمضي دون تدخل حاسم من الإنسان، إلا قليلاً". في هذه الملاحظة قدر كبير من الحقيقة، ربما كان غير مقصود. قد تكون التكنولوجيا جزءاً طبيعياً من تطور الإنسان ، أى أنها لم تختص حتى الآن، إلا بالكاد، لتحكم الإنسان. إننا لم نفهم بعد تماماً، أو نقبل، التخصص التطورية العضوية للنمو التكنولوجي. إن الفكرة، في حد ذاتها، غريبة بعض الشيء عن إدراكنا...

والتكنولوجيا - كما أبدعها الإنسان، وجَدَّها، ثم في نهاية المطاف وَجَّهَها - عضويةٌ تماماً، مثل صلغة القوقع، ودرع السلحفاة، وبيت العنكبوت، وبدور الهندباء ينقلها الهواء. إنها في نواحي عديدة أكثر انتشاراً ، كماكون فعال من النظام الإيكولوجي، من أي صورة من صور الحياة العضوية، باستثناء الإنسان. إن مقدار الطاقة التي تحولها الآلات، والمواد المستخرجة من الأرض لتعالج ويعاد تجميعها وتوزيعها في الأيض الإيكولوجي، والآثار الضخمة لمثل هذه المعدلات المتزايدة من الأيض على النظام الإيكولوجي، تفوق الآن أثر الكثير من العشائر الكثرية من الأنواع الحية الأخرى. إننا لا نستطيع توجيه نظمنا الإيكولوجية، وغيرها من النظم الحديثة، والتحكم فيها، إلا من خلال تفهم أكبر لنموها. لم يُبذل حتى الآن إلا القليل من المساعي لفهم؛ بينما وُجَّهَ اهتمام أكبر إلى الاستثمار اللامبالي أو إلى الرفض الطائش.

- جون ماكهيل-



## مقدمة

# ماذا لو تغير كل شيء، ثم لم يلحظ أحد؟

أعتقد أنه من الفطنة أن تعرض قضيتك في بداية عمل كهذا. لذا سأعرض هنا قضيتي واضحة قدر استطاعتي: إننا نحيا في عِصَمَ تحوّل تطوري هائل - تطور يجري الآن فعلاً ، في داخلنا ومن حولنا. إننا نتحول لنصبح ضرباً من الحيوان يختلف عن كل ما ظهر قبلاً. ثم إننا نحيا في عالم مختلف أيضاً - ونسكنه بطريقة مختلفة، مغايرة لطريقة الأنواع الأخرى، ومغايرة لطريقة البشر منذ عدد من الأجيال معدود.

نتغير نحن مع تَكشُّف هذا التحول، ويتغير العالم الذي به نحيا، وتتغير كل الحياة فيه، تتحول بطرق جذرية وفي اتجاه لا يعود. ينهمك الناس في حمية يكشفون الشجرة الوراثية للإنسان، يتعلمون كيف يحورون التركيب الوراثي للأنواع الأخرى من الأحياء، ويخلِّقون ضرباً جديدة من الكائنات الحية. إن هذا يحدث الآن، ويحدث للعجب في غير حماس كبير، على الرغم مما يذيع حول البيوتكنولوجيا في بعض الدوائر من ضوضاء وعنف. ثم إن تلاقي التكنولوجيا يشكل جزءاً كبيراً من هذا التحول. لكن الحدث الهائل حقاً في زماننا ليس هو تلاقي التكنولوجيا وتقاربها، وإنما هو تلاقينا نحن مع تكنولوجيانا. يوسع الكمبيوتر وغيره من الأجهزة عقولنا، وتوسع من أجسادنا سلسلة طويلة من الابتكارات الثورية ، من الفاكسينات إلى الأعضاء الاصطناعية - وهذه حقاً أجزاء من كياننا. في نفس الوقت يتحول العالم إلى كوكب بيوإلكتروني (بيوني) - تُغيّر صياغته ، تربطه الأسلاك ،

تغمره شبكات من نُظُم المعلومات تراقب صحته، وتنبأ بمستقبله، وتتحكم في نظمه الإلكترونية. يحدث هذا كله الآن، وهو بالتأكيد ليس

سراء، ورغم ذلك فلا يكاد يلحظه أحد: ربما لاحظ كل منا بالطبع شيئاً واحداً منه أو آخر، لكن القليلين فقط قد تمكنوا من تجميعها سوياً.

أما ما تناله إذا ما جمعتها سوياً فهو تحول ثوري حقيقي، وثبة من تلك الرثبات الغريبة التي تقوم بها الحياة عندما تغزو شيئاً جديداً تماماً ومختلفاً - عندما يتغير كل شيء. إن مهمتي في هذا الكتاب هي أن أقنعك بأن هذا يحدث - ثم، علاوة على ذلك، بأن هذا يحدث بشكل أسرع من كل التحولات الثورية الرئيسية التي وقعت في الماضي، وبأننا لن نستطيع أن نستمر في عدم ملاحظتها.

ومهمتي أيضاً أن أقنعك بأن هذا التحول الثوري هو أمر عمليّ تماماً، هو واقعة تبرز مشاكل ملموسة تواجهها وتقدم فرصاً لنا جميعاً. تتخذ الحكومات في وقتنا هذا قراراتٍ سياسية بشأن مناخ العالم وجوّه. ينجح رجال الأعمال أو يفشلون بقدر مهارتهم في استيعاب التغيرات السريعة المتلاحقة في الطب والزراعة. تتعامل جميعاً، أفراداً وعائلات، مع خيارات جديدة، وقوى جديدة، وطرق جديدة لحل بعض مشاكلنا، وقضايا تدعو للقلق جديدة. يعرض التحول قضايا أخلاقية حقيقية ومُلِحّة، وقضايا هائلة -- أعتبرها الأكثر إلحاحاً - عن العدالة : لأن هناك من الأسباب ما يدعو للخوف من أنّ المصادر الجديدة للمعلومات، والأدوات المذهلة التي توسع من حياة البشر، توزع الآن بشكل أقل عدلاً إذا ما قورنت بالسلع الأكثر ألفة، كالغذاء والإيواء.

ذكرتُ التقاربات التكنولوجية، تلك القوى الهامة في التحول ؛ وهذه ذاتها بمعنى ما مصنوعة من تقاربات . إن كلمة "تقارب" تحوّم هذه الأيام في الجو، ومعظم الإثارة يدور حول تقارُّن التكنولوجيات الإلكترونية، كالكمبيوتر والتلفزيون. وتلك في الحق مادة مثيرة . غير أن الناس قد بدأوا يلاحظون شيئاً آخر، يسمى أحياناً "التقارب البيوني" - تقارب العلوم البيولوجية مع كل التكنولوجيات الإلكترونية. هذا هو موضوع الفصل

ماذا لو تغير كل شيء

الأول، لأنه يقودنا إلى تفهم ما أطلق عليه جون ماكهيل اسم "الخصيصة التطورية العضوية للنمو التكنولوجي" - تلازمها مع عقولنا وأجسادنا، مع تطور جنسنا البشري.

بدأ التقارب البيوني منذ فترة، لأن البيوتكنولوجيا الجديدة قد ترعرعت (مثل أبنائنا) في عصر الكمبيوتر؛ فلولا وجود تكنولوجيا الكمبيوتر لما كان الدنا المطعوم، ولا كان مشروع الجينوم البشري، ولا كان العلاج بالجينات يفتح فصلاً جديداً في تاريخ الطب. ومن بنات عصر الكمبيوتر أيضاً مراقبة بيعة الكرة الأرضية - أدواتنا الرئيسية لفهم ومعالجة الشئون الكُرُضية مثل ظاهرة الصوبة. تنطلق العلوم البيولوجية قُدماً متعاونة مع تكنولوجيا المعلومات / الاتصالات، وهما سوياً يحولان في طريقيهما الحياة الشخصية والسياسات العالمية بطرق مثيرة واعدة مُقلِّقة. يكتشف الناس أن لديهم مجالاً مذهلاً من الخيارات الجديدة حول أمور أجسادهم، كما يجد الجنس البشري نفسه يدير شئون المحيط الحيوي.

إلى أين يأخذنا هذا كله؟ سأقدم بعض التنبؤات، من بينها:

(١) **ستنعود على اليوجينيا** : وكلمة اليوجينيا - التي تعني الجهود الراحية لتحسين نوعية الإرث الوراثي للبشر - هذه الكلمة قد اكتسبت وضع المحرمات منذ أيام هتلر، ولأسباب وجيهة. ومع ذلك سأبين أن ثمة عصراً جديداً لليوجينيا قد بدأ، وأن هذه اليوجينيا الواقعية أكثر وأقل مما يعنيه الناس عادة عندما يستخدمون هذه الكلمة الرهيبة.

(٢) **ستنعيد النظر في الإيكولوجيا** : البيئية اليوم تعارض التكنولوجيا في إخلاص وفي شيء من الغفلة، وترنو في صباية رومانسية إلى الماضي. ولأنني بيتي طول عمري فلدي ارتباطات عاطفية قوية بهذا النوع من التفكير - لكنه تفكير محدود وخطير. يتميز البيئيون في ملاحظة المشاكل - ومن هنا كانت حركتهم نافعة - لكن خوفهم المستحكم من المستقبل يمنعهم من التفهم الكامل لما يحدث في العالم. إنني أعتقد أن المستقبل

سيتمى إلى بيئة من نوع جديد نشط، يُقيد تكنولوجيات المعلومات/ الاتصالات ويحتضن البيوتكنولوجيا.

(٣) **مُخْطَرُ الصناعة :** في العقد الأول من هذا القرن تأملت جماعة من الفلاسفة الاجتماعيين - من بينهم لويس مامفورد - وتفكرت في تحول إلى مجتمع "بيوتقني"، تحل فيه نظم الإنتاج البيولوجية محل آلات المصنع غير العضوية. وهناك على الأفق الآن شيء من هذا القبيل. ستقوم البيوتكنولوجيا بتحويل الكثير من العمليات الصناعية (من التعدين إلى التصنيع) وستنشأ مواد بيولوجية جديدة.

(٤) **سنتحول إلى مجتمع معلوماتي بيولوجي (بيومعلوماتي) :** لن يفوتك أن تلمح نظاما اجتماعيا كُرْضِيًّا، تحيط بالأرض فيه شبكة هائلة من المعلومات البيولوجية، تؤثر واقعا في كل ما نفعله - لن يفوتك أن تلمح هذا إذا ما جمعت الأجزاء المختلفة معا : التآزرات بعيدة الأثر للمعلومات/ الاتصالات التقدم في مشروع الجينوم البشري، النظام العالمي لبنوك الجينات وما تحمله من بذور ملايين أنواع النباتات والحيوانات، الأقمار الصناعية تراقب النظم الايكولوجية من الفضاء. سيحتاج هذا المجتمع الجديد إلى بنى حكومية مختلفة وإلى مهارات مختلفة وقيم. سيكون هذا النظام الاجتماعي الجديد ثمرة للإبداع البشري، لكننا لا نستطيع بمحاولة أن نقيمه بنفس الطريقة التي نصمم بها مبنى ونشيده - يلزم أن نتعلم طريقنا إليه.

طبعي أن ليس ثمة مَنْ يمكنه أن يثبت إن كان التنبؤ سيتحقق . لكنني أستطيع أن أقدم شواهد قوية تبين أن هذه التنبؤات ليست بعيدة التحقيق كما قد يبدو للوهلة

الأولى. والحق أن بكلمة "التنبؤ" شيئا من الخداع، لأن أيا مما ذكرته يحدث الآن بالفعل.

يلفت النظر أنا لا نجد إلا القليل من النقاش حول التحول التطوري الحاضر. هناك الكثير من الحديث الحر في دوائر "العصر الجديد" حول القفزات التقدمية الهائلة - أكثر من اللازم، في رأيي - وهناك عدد غير قليل ممن يعرفون أهمية التقارب البيوني ويحاولون جهدهم أن يَجلُّوا (أو يتكروا) لغة تمكِّنهم من وصف رؤاهم لنا جميعا. لكننا لن نجد سوى القليل جدا من الحديث عن مثل هذه الأمور في العوالم الرتيبة المملة للحكومة ورجال الأعمال - حيث يُوجَّه التحول ويُصاغ ويُعاش. إذا ما عولجت أجزاء التحول على نحو صريح، فسنجد الوضع بالضبط هكذا - معالجة الأمر كأجزاء. يسدو أننا لا نمتلك معجما نجُمع به الأجزاء للحكومة ورجال الأعمال - حيث يُوجَّه التحول ويُصاغ سويا - نحكي لأنفسنا القصة الأكبر كطريقة تفهم بها أين ننسجم فيها كأفراد، وأي قدر من القصة يمكن نكتبه كمجتمع.

إنني اعتقد أن هناك الكثير مما نكسبه إذا اتجهنا إلى القصة الأكبر، نستخدمها لتأطير تفكيرنا عن القضايا العامة والخاصة. وهناك الكثير مما نكسبه بالاشتراك في هذا التحول بفاعلية وانتباه وإبداع - لاسيما وأن ليس من يستطيع ألا يشترك فيه.





## **الجزء الأول**

# **اللقاء البيوني**



## الفصل الأول الكمبيوتر يقابل الجين

بيولي: صفة استخدام الأجهزة الإلكترونية الميكانيكية لمساعدة الإنسان في أداء مهام صعبة، أو خطيرة، أو معقدة؛ بيو+(الالكترو)ني.

أما الآن، فخمة ما هو جديد على المسرح: إننا نمتلك بالفعل القدرة على إجراء التجارب على التطور. في استطاعتنا أن نجرب داخل الكمبيوتر عشائر لمئات الآلاف من الأجيال، بل وللايين الأجيال، وأن نرقب عملية التطور...

" هناك ما هو أكثر من هذا: ثمة مَنْ يطور بروتينات تقوم بحفز الرنا - إنه يوكد حزمة كاملة من الرنا العشوائي ، ثم يرتب الأمر بحيث ترتبط إذا كانت قادرة على أن تقوم بهذا الحفز ، ثم يقوم بترشيحها بحيث يزداد في المخلوط تمثيل الجزيئات التي تؤدي العمل الصحيح. ثم إنه يكاثر هذا العدد القليل مستخدماً تقنيات الدنا ويحصل جيلاً، ثم يكرر ذلك، ليحصل في النهاية على بروتينات خاصة جداً تؤدي مهام خاصة. لذا يصل - حرفياً - إلى التطور في أنبوبة الاختبار، الآن. وليس ثمة من سبب ألا توثقت هذه العملية بطريقة ما. هذا شيء ممتاز - تماماً كما لو كنت حاضراً أثناء اختراعهم أول الترانزستورات."

-- دالي هيليس

التطور أكبر بكثير من الحكاية الدارونية القديعة، الموضوع الذي يتجادل العلماء حوله ويجادل رجال اللاهوت ضده، إنه نمو وتغير كل الكائنات الحية، نمو وتغير الحياة ذاتها. وهو الأساس لكل ما يحدث لأجسامنا ولعقولنا وللأرض التي نحيا على ظهرها. إنه الموضوع الذي ينسق كل المواضيع الأخرى. إنه - كما يقول تيلهارد ده شاردان، اللاهوتي الذي أوقع نفسه في الحرج عندما اعتبره يد الله - "نور يضئ كل الحقائق، منحني لا بد للخطوط جميعا أن تتبعه".

للتطور نواحي كثيرة غامضة فائقة؛ وأكثر هذه النواحي غموضا وفتنة هو أن التطور يتطور. أن تتغير الحياة، هذا أمر في حد ذاته مذهل، لكن الطريقة التي بها تتطور الحياة تتغير أيضا. تُبتكر عملية التطور ما بين الفينة والفينة سيلا جديدا للتقدم، فترفع نفسها إلى مستوى آخر، وتبدأ مرحلة جديدة من النمو. يمكننا أن نرى أن قفزات كهذه قد حدثت في الماضي. نحن نعرف على سبيل المثال أنَّ تحولاً رائعا لا يُعكس ولا يمكن التنبؤ به قد وقع عندما ارتبطت لأول مرة جزيئات تتضاعف، فأصبحت شيئا كالكائنات الحية، تغيرت هذه وتغير العالم. ونحن نعرف أن مثل هذا التحول قد حدث ثانية بعد مرور ملايين السنين، عندما ابتكر سُلَّانُ هذه الكائنات الأولى نُظْمَ الاتصال الرمزي التي نسميها اللغة. أصبحت القِرَدَةُ الناطقة ضربا مختلفا من الأنواع، وتبدل العالم بعد أن ظهرت به هذه المخلوقات - التي يمكنها أن تشعل النار، وتستأنس الحيوانات، وتزرع البذور في الأرض، ونحيا في كل مناخ. يمكننا أن نلاحظ هذه الأشياء إذا نظرنا إلى الخلف، بل يمكننا حتى أن نتخيل تحولات. كهذه في المستقبل - وكتاب الخيال العلمي شَطَّار في هذا - لكن، يصعب علينا أن نصدق أن مثل هذا التحول يحدث الآن.

ونحن بالتأكيد في غمرة تحول كهذا. لا، ليس سهلاً أن نصفه، فزواياه متعددة، لكنه يتعلق بنفجر قدرة الإنسان على دراسة الحياة ومنابتها،

وعلى التأثير في مجرى التطور. من بين أهم أجزاء عملية التحول هذه : التقاء الثورة البيولوجية بثورة المعلومات، البيولوجيا بالالكترونيات.

لا نسمع الكثير عن التقاء البيوتكنولوجيات بتكنولوجيات المعلومات والاتصالات، لكن الأغلب أن يستحوذ هذا اللقاء على اهتمام الناس قريباً. مرَّ حينٌ من الدهر سيطرت فيه الفيزياء النووية على خيال الجماهير باعتبارها ذروة المعرفة - الطاقة = الكتلة  $\times$  مربع سرعة الضوء، مشروع مانهاتن، وغير ذلك من أمور - ثم جاء بعد ذلك ببضعة عقود زماناً تسلَّم فيه الزمام انفجارُ الفضاء، فمضى يشكل فهم الجماهير لما يمكن أن يتحرزه العلم و / أو التكنولوجيا. لم يفقد أي من هذين سيطرته تماماً، فلا زالت الفوتونات والكواركات تبهرنا، ولا زال "عالم الصواريخ" يمثل الشخص البالغ الذكاء. لكننا إذا نظرنا إلى الوضع كمسعى فكري عمرك للعقل - تصاحبه السرعة المذهلة للتحرك من الإنكار المجردة إلى التطبيق العملي - فليس ثمة ما يقارن بما يحدث الآن على جبهة البيولوجيا، عند موقع التقاء منظومتين للمعلومات مذهلتين : الكمبيوتر والجين.

### من شبكة صيد الفرائشات إلى شبكة الإنترنت

إن بزوغ عهد المعلومات البيولوجية - مثله مثل الكثير من الوقائع التاريخية العظمية - هو بزوغ مستجد. إنه شيء أكبر من مجموع أجزائه، ومن ثم لا يمكن التنبؤ به. لكننا إذا نظرنا الآن إلى الخلف، فسنجد أنه كان يشق طريقه من زمان طويل. لقد كان مما لا يمكن التنبؤ به، ولقد كان في نفس الوقت محتوماً.

كان اللقاء البيوني كامنا في الرحم منذ قرون، فلقد كانت دراسة الحياة دائماً نتيجة للقاءات. إن من يبحث عن تفهم جديد لأشياء كالنباتات والحيوانات، أو كالحياة الميكروسكوبية، أو كإيكولوجيا النظم الكبيرة، إنما يستخدم عادة ما يجده متاحاً من أدوات فكرية. تعوَّق البيولوجيين أو

تساعدهم حالة التكنولوجيا - ومنها تكنولوجيا المعلومات - كما يعوقهم أو يساعدهم التقدم في مجالات المعرفة الأخرى، مثل الرياضيات.

كان أرسطو واحداً من أوائل الرواد البيولوجيين. كان أول شخص عرفه يحاول أن يجري تقسيماً تصنيفياً لكل أشكال الكائنات المختلفة. لكن عدد الأنواع المتاحة له كان محدوداً. لم يكن له أن يدرس ما لا يراه، ثم إن غياب الميكروسكوب قد حدد من عمله، إذ كانت الملايين والملايين من صور الحياة بالفعل خفية. وكان عمله مقيداً أيضاً بحدود العالم الذي يعرفه، وهو بالتقريب حوض البحر المتوسط؛ لم يكن له أن يرى ما يقع خارج هذه الحدود، وكان معظم ما يصله عنه تهويمات خيالات جامحة لأناس عمرهم ما شافوه. أما مفاهيم تسجيل المعلومات ونشرها فكانت أيضاً بدائية بمعاييرنا الآن. كان على أرسطو وتلاميذه أن يسجلوا نتائجهم على لفائف البردي الهشة. ولم يظهر إلى الآن الكتاب الأول - مخطوطة من صفحات من البرشمان مجلدة باليد. ربما لم يقرأ دراسات أرسطو في زمانه إلا بضع مئات، ثم ضاع إلى الأبد معظم عمله.

عندما بدأ البيولوجي السويدي كارل فون لينئوس عمله في القرن الثامن عشر، كان الوضع قد اختلف كثيراً. كان ثمة تقدم قد حدث في صناعة الخرائط وبناء السفن وتكنولوجيا الملاحة، وكان العالم قد أصبح دائرياً وغداً في مقدور المسافر أن يعبر المحيطات إلى بلاد بعيدة يدرس ما بها من فلورا وفونا. ولقد قام العديد من تلاميذ لينئوس بهذا ومات منهم عدد كبير في غضون ذلك بسبب الأمراض الغريبة. كان لعمل لينئوس أن يُنشر في كتب ويوزع على الباحثين بعد التقدم في تنضيد الحروف والطباعة. دائرة أوسع لجمع البيانات؛ عدد أكبر من الناس في الحلقة؛ سرعة انتقال المعلومات.

قام تشارلس داروين بأبحاثه الميدانية خلال رحلته على ظهر السفينة "بيجل"، ولقد كان في مقدوره أن يوصل نتائجها إلى غيره من دارسي العلوم

الطبيعية في وقت أقصر لولا أنه قضى عشرين عاماً يتفحص بياناته. وأخيراً، وفي عام ١٨٥٩ نشر كتابه "أصل الأنواع" فكان بمثابة صدمة هزت أرجاء العالم كله - صدمة بطيئة الحركة، بما يتوافق مع الحداثة، وإن كانت هائلة التأثير. وبعد مرور عشرين عاماً، عند وفاة داروين، كان الكتاب قد تُرجم ونُشر وفُحِصَ وعُلّقَ عليه وهو جَم في كل مكان. ليس من كشف علمي قبله قد تمكن من أن يسبب كل هذا الأثر في مثل هذه الفترة الوجيزة.

لم يبدأ التناول الرياضي للعلم التطوري مع داروين - ولقد أصبح هذا التناول بسرعة جزءاً محورياً وأساسياً في هذا المجال. لم يكن داروين رياضياً، لكن ابن عمته فرانسيس جالتون كان يجنوناً بالاحصاء. كان جالتون يعتقد أنه من الممكن قياس كل شيء، حتى لقد طَبّق الرياضيات على القضايا الدينية التي رأى أنه من الممكن اختبارها. هل الدعاء في الصلاة لشخص يطول العمر يطيل عمره؟ هل البواخر التي تحمل مُبَشِّرِينَ ورعين أقل عرضة للفرق؟ بدأ جالتون أثناء تفحص هذه المواضيع المتوهجة في تجميع الاحصاءات عن الصفات الوراثية للإنسان. وضع عمله الأساس لفرع جديد من العلوم الطبيعية، هو البيومتري، بدأ ظهوره مع اكتشاف تجارب جريجور مندل بعد أن كادت تضع.

كان مندل، أسقف دير برون، رجلاً مثقفاً ودينياً بشكل ما. درس الرياضيات والفيزياء والبيولوجيا في جامعة فيينا، ثم استكشف فيما بعد عدداً من المواضيع الأخرى من بينها علم الأرصاد الجوية. كان عالماً مدققاً، حلّل عشرات الآلاف - بل ربما مئات الآلاف - من العينات في بحوثه في تربية البسلة. ولقد عَرَفَ عن كتاب داروين: فقد عُثِرَ في مكتبته بعد موته عام ١٨٨٤ على نسخة من "أصل الأنواع" بالألمانية وعليها تعليقات بخط يده، وتبين حالتها أنها قد قُرأت كثيراً. لكنه لم يكن بأكتر من هاوٍ. لم يكن حقاً جزءاً من عالم العلم. لم تكن لديه اتصالات مباشرة بغيره من العلماء. قرأ بحثاً عن عمله أمام جمعية التاريخ الطبيعي المحلية، ويبدو أن الأعضاء لم

يتأثروا كثيرا بمغامرات الأب مندل في تربية البسلة، لكنهم نشروا البحث على أية حال. (كان عليهم أن ينشروه، فهو مؤسس الجمعية). لو أن داروين قرأ "أعمال جمعية التاريخ الطبيعي في برون" لعام ١٨٦٦، وبها بحث مندل الذي يعتبره كثير من البيولوجيين في مثل أهمية كتاب "أصل الأنواع"، إذن لسحره هذا العمل. لكنه أبداً لم يعرف عنه. لو أن البحث نُشر في إحدى المجلات العملية المعترف بها آنذاك، إذن فلربما كان قد وقع عليه. لكن نظام المعلومات البيولوجية كان لا يزال بدائياً: فلم تصل الأنباء من برون إلى داروين.

لم يكن داروين هو الوحيد الذي لم يسمع عن أعمال مندل، فالواقع أن الجميع لم يسمعوا به لسنتين طويلة. وزعت جمعية براون ١٢٠ نسخة من أعمالها لعام ١٨٦٦. أشار إلى بحث مندل في البعض القليل من البحوث المجهولة، ثم اختفى من المشهد حتى عام ١٩٠٠ عندما اكتشفه ثلاثة من الباحثين، كلٌ مستقل عن الآخر - واحد من ألمانيا، وواحد من النمسا، وثالث من هولندا - وأدركوا جميعاً أهميته وكتبوا البحوث التي جعلت من مندل رجلاً مشهوراً - بعد وفاته.

من بين هؤلاء العلماء الثلاثة كان عالم النبات هوجو ده فريز. نشر بحثه في مجلة علمية، وقرأه في المجلات عالم الحيوان ويليام بيتسون بعد النشر بوقت قصير. وجد بيتسون فيه شواهد مثيرة للطبيعة الجسيمية للوراثة - فكرة أن صفات النبات أو الحيوان ليست مزيجاً من صفات الوالدين، وإنما هي نتيجة تشغيل آلية ما أخرى (لم يكن أحد يعرف بالتحديد ماهيتها) تعمل بطريقة أكثر تعقيداً.

في ذلك الوقت كانت شبكات اتصال - منها بضع مجلات - قد توطدت ما بين مجتمع العلماء الواسع وبين المنظرين الذين يحاولون أن يكملوا عمل داروين. من بين القوى الأخرى المؤثرة في سير الأمور في عالم



العلم يعد داروين: التقدمات في التكنولوجيا (والميكروسكوب على وجه الخصوص) وكذا محاولات الوصول إلى دقة علمية أكبر في العلوم الطبيعية.

تمكّن فالتر فليمينج في ألمانيا باستخدام الميكروسكوبات الجديدة - بعدساتها الأقوى وشرائحها الزجاجية وصبغاتها الاصطناعية - تمكّن من أن يدرس الجسيمات الصغيرة داخل الخلايا الحيوانية، التي أُسميت فيما بعد باسم الكروموزومات، أي الأجسام القابلة للصبغ، لأنها تمتص الصبغات. (مع الآلات الجديدة كانت تبتكر لغة جديدة). بدأ بعض العلماء ممن جاءوا بعد فليمينج يشبهون في أن تكون الكروموزومات هي التي تحمل رسائل الوراثة، أن تكون هي حقا المفتاح إلى التطور.

كان المفروض أن يمضي تمثيل التفكير الرياضي مع النظرية الدارونية والبحوث العملية بصورة سريعة، لولا أن عوّقه صراع تافه واغتياب أكاديمي بين كبار العلماء والطبيين في ذلك الوقت. لكنهم تحركوا، ربما رغما عنهم، إلى أن يُقرّروا باعتراف عام بأن هناك داخل كل الكائنات الحية "وحدات للوراثة" - أطلق الناس عليها اسم "الجينات"، وهذه الكلمة يونانية تعني "المتحّة".

وفي خلال النصف الأول من القرن العشرين مضى علم الوراثة الوليد في طريقه بطيئاً ولكن في ثبات. أُجرى في المعامل على التطور الكثير من بحوث ما بعد الدارونية، فجمع الباحثون تلوأمن البيانات عن وراثة صفات بذاتها. كان من أكثر هؤلاء الباحثين اجتهداً توماس هنت مورجان، من جامعة كولومبيا، وكانت المادة المفضلة لديه في الدراسة هي ذبابة الفاكهة (دروسوفيلا ميلانوجستر). كان سحرها يكمن في قدرتها على الحياة على غذاء بسيط في بيئة بسيطة - كان مورجان عموماً يستخدم زجاجات اللين - وفي دورة حياتها القصيرة. في ظرف عشرة أيام تنفقس الذبابة وتنضج وتبدأ في إنتاج ذبابات أكثر. يمكنك مع مثل هذه الأجيال القصيرة أن تجمع قادراً كبيراً من البيانات في عشرة أعوام من البحث. ولقد فعل

مورجان ذلك من نحو عام ١٩٠٧ حتى ١٩١٧. لم يكن يجمع الأرقام في إهمال، وإنما كان يتعقب الطفرات بطريقة منظمة وينقح النظرية المنبذية - ويبحث عن الجين. ذاع استخدام هذا المصطلح، وإن ظل فكرة تجريدية للغاية. كان الجين واحداً من تلك الأشياء التي يلزم أن تكون موجودة - مثل الثقوب السوداء في الفضاء - لكن أحداً ما شاهده أو فهمه، لم تعرف إلا آثاره.

في حجرة الذهاب بمعمل مورجان كان من المؤلف بجانب الزجاجات أن تجد جهازاً ابتكره مورجان وتلاميذه يسهل عليهم تتبع عملهم. كانت هذه الأداة - التي كانوا جميعاً يفخرون بها أي فخر - مجرد صندوق خشبي له أربعة جوانب - كل جانب يمثل كروموزوماً من كروموزومات الدروسوفيلا الأربعة. على كل جانب كانت هناك دبابيس رسم يحركونها أفقياً ورأسياً ليبيّنوا مدى التقدم في تحديد موقع صفة. كان هذا كمبيوتر مورجان.

وأخيراً قاد عمل مورجان، وقد تابعه آخرون، إلى أولى الخرائط الكروموزومية - خرائط ومواقع جينات معينة. لكن الجين ظل مراوفاً. بل لقد غدا بشكل ما أكثر مراوفاً مع تقدم العمل بعد أن شارك علماء العالم بعضهم بعضاً في نتائجهم التجريبية. كلما ازدادت النتائج ازداد تأكدهم أن عمل الجين معقد غاية في التعقيد. كان الجين كيانه غاية في الدقة يحمل تعليمات كل خصائص الكائن الحي، لكنه قد يتصرف بطريقة غريبة مباغتة غير متوقعة، فحتى بعدما يتوصلون إلى فكرة جد طيبة عن موقع الجين، فإنهم يظلون في حيرة من أمره.

كان الفرض السائد يقول إنه لا بد أن يكون من البروتين. كان المعروف عن جزيئات البروتين أنها كبيرة، معقدة، قادرة على القيام بأشياء مذهلة، مثل حمل الأكسجين في الدم ومثل تسهيل إتمام الاتحادات الكيميائية. كان

ممة عالم أمريكي نحول اسمه أوزوالد إيفري يدرس البكتريا في معمله بمعهد رو كفلير في نيويورك (كانت البكتريا قد أخذت تتحول لتصبح في مثل انتشار ذبابة الفاكهة كمادة تجارب، فهي تنتج جيلا جديدا في أقل من نصف ساعة). توصل هذا العالم تدريجيا إلى استنباط يقول إن "العامل المحوّل" ليس بروتينا وإنما هو الحامض النووي الديوكسي ريبوزي (الدنا) - على الأقل في سلالات بكتريا التهاب الرئوي. كتب لأخيه يقول: "من كان يظن هذا؟"، وقال البيوفيزيقي ماكس ديبروك فيما بعد: "في ذلك الوقت كنا نعتقد أن الدنا مادة غبية..."

تطلب الأمر من المجتمع العلمي بضع سنين، بعد اكتشاف إيفري سنة ١٩٤٤، حتى يقبل الفكرة المذهلة بأن جزيء الدنا ليس مادة غبية، وإنما نظام معلومات ممتاز قادر على حمل كل التعليمات لبدء حياة الكائن الحي - وعلاوة على ذلك فهو نظام المعلومات لكل أشكال الحياة على الأرض، اللهم إلا قلة من الفيروسات تتركز على الرنا، القريب اللصيق للدنا. وقبل أن يظهر المتشككون، كان السباق قد ابتدأ لتفهم: كيف بحق السماء قد فعلها الدنا! كانت مكوناته الكيميائية - القواعد الأربع زائدا الفوسفات وسكر الديوكسي ريبوز - معروفة منذ عام ١٩٥٢، ومثلها أيضا الروابط الذرية التي تجمعها لتشكيل الجزيء. لكن الوراثيين كانوا يعرفون أن ثمة شيئا لا يعرفونه - التركيب الواقعي ثلاثي الأبعاد للجزيء - وتصوروا أن هذا التركيب يحمل المفتاح إلى قدرة الدنا الرائعة على حمل المعلومات.

لغة تقنية طورها الفيزيائيون - هي تحليل حيود الأشعة السينية - مكنت العلماء من تصور هذا التركيب. باستخدام هذه التقنية يمكن للباحث أن ينتج صورة تعطي فكرة عن الطريقة التي يُنظَّم بها الجزيء البيولوجي في الفراغ - صورة محيرة، من رشرشة من النقط لا تقول شيئا للعين المجردة أو تقول القليل، لكنها تقبل أن تحلل رياضيا. كانت طريقة مجهدة للغاية وتتطلب وقتا طويلا، ولا يقوم بها إلا أكثر العلماء صبرا. عمل جيمس

واطسون وفرانسيس كريك - الرجلان الذي كشفنا في النهاية، عام ١٩٥٣، تركيب الدنا في صورة اللولب المزدوج الشهير - عملاً في تحليل الأشعة السينية للدنا، قبل أن يبدأ محاولتهما لبناء نموذج للجزيء. كانت روزالند فرانكلين في كمبريدج، قد قامت بدراسة على الدنا بالأشعة السينية. ولقد وفرت هذه الدراسة القطعة الأخيرة من المعلومات التي أكملت النموذج، وجلبت لهما الشهرة، وأشعلت ثورة.

كان النموذج الواقعي تركيباً ناحلاً صنعاه بأيديهما بلحام قطع لامة من الصفيح والسلك (مستخدمين نظاماً طوره في أمريكا لينوس بولنج). كان هذا التركيب يمثل الصورة التي يُشكّل بها جزيء الدنا - وهذا كشف في حد ذاته مثير - لكنه كان يبين أيضاً طريقة عمله، كيف تعمل القواعد الأربع كأبجدية لكتابة تعليمات الجين. ولقد رأى واطسون وكريك، وغيرهما من العلماء الذين حضروا لمعاينة هذا التمثال المعدني، رأوا أنه ليس فقط مفيداً علمياً، وإنما هو أيضاً جميل ومثير للمشاعر: طريقة جليلة مذهلة، تؤدي بها الطبيعة أخطر مهامها.

بسرعة انتشرت أنباء الكشف من كمبريدج. كان النشر الأول لاكتشاف واطسون وكريك في مجلة "نيتشر"، لكن الأنباء كانت قد بلغت بالفعل الكثيرين من العلماء قبل ظهور المقال. طبعاً أن قد كان هناك متشككون، لكن النظرة الجديدة إلى الدنا قد حظيت بالقبول العام في العالم البيولوجي، لتقفز إلى أبعد من حدود العلم وتصل إلى أجهزة الاعلام. تمت المقابلات مع واطسون وكريك في كل مكان، وكتبتهما الصحف والمجلات، وتحدثت عنهما البرامج التلفزيونية، بل لقد ظهر واطسون في صورة مع ريتشارد بيرتون على صفحات مجلة الأزياء "فوج".

ما أن قبل المفهوم الأساسي للنص الوراثي حتى بدأت الخطوة التالية وهي قراءة أجزاء منه. هنا أمسك بزمام القيادة فريد سانجر، الذي كان قد حصل على جائزة نوبل لعمله على جزيئات البيوتين. كان سانجر باحثاً

متمرساً له قدرة هائلة على العمل المعلمي الجهد وعلى النفور من الشهرة. كان عليه أن يطور تقنيات بحثية جديدة تماماً للعمل على الدنا، ولقد تطلب الأمر سنيناً طويلة من الجهود الشاق قبل أن يتمكن من قراءة تتابعات كاملة من الدنا. وبحلول عام ١٩٧٠ كانت العشرات من الحروف الدناوية وقد قُرأت في نُظُم بيولوجية مختلفة؛ ليصل العدد بسرعة في عام ١٩٧٧ إلى الآلاف، ويليغ في الثمانينات الملايين، ثم بسرعة إلى عشرات الملايين. تميزت قفزة ١٩٧٧ بنشر أول جينوم كامل : النص الكامل لفيروس اسمه فاي - إكس - ١٧٤، في مجلة "نيتشر" أيضاً.

ما أن تمت سَلْسَلَةُ أول جينوم كامل حتى كان ستانلي كوهين وهيربرت بُوَيْر في كاليفورنيا وقد وصلا إلى تصور لطريقة تُقَصُّ بها قطعة من المعلومات الوراثية من كائن وتُنْقَل إلى آخر، بحيث يقوم هذا الأخير "بالتعبير" عن الجين الجديد - أي أن يقوم بتنفيذ تعليمات هذا الجين. وبحلول عام ١٩٨٢ كان قد طُرِحَ بالسوق أول مَتَج تجاري يركز على تكنولوجيا الدنا المطعوم - الإنسولين البشري المَصْنَع بالبكتريا.

مع تقدم الدراسات على الجين، بدأت البيولوجيا تتخطى وسيلتها المفضلة للاتصال: المجلة العلمية المطبوعة. يحمل الجين الواحد من التتابعات النوتيدية عدداً يتراوح ما بين ٢٠٠٠ ومليون نوتيدة؛ ولقد كان الكمبيوتر هو أفضل وسيط لهذه التجميعات الهائلة من البيانات - بل كان هو الوسيط العلمي الوحيد حقاً. عندما ابتكر واطسون وكريك نموذجهما للدنا، لم يكن الكمبيوتر يثير اهتمام معظم البيولوجيين على الإطلاق. مرة قذف كريك في ازدرأ أحد المراجع وهو يقول: "الأفضل أن يستخدم الإنسان رأسه بضع دقائق، لا أن يستخدم آلة الكمبيوتر بضعة أيام". لكن، مع تقدم تحليل الجينومات، تَقَدَّمَ أيضاً التقاء البيولوجيا بالالكترونيات.

عندما أنشئ المستودعان الرئيسيان لبيانات مشروع الجينوم البشري - جينبانك بالمعمل القومي في لوس ألاموس نيومكسيكو، والمعمل الأوروبي

للبيولوجيا الجزيئية بهيدلبرج في ألمانيا - كانا مركزين مجهزين على أفضل وجه. لكن، أصبح من الضروري أن يوشعنا نحو ٢٥ مرة خلال السنين الأربع الأولى من التشغيل. وحتى مع هذا، ذكرت مجلة "ساينس" عام ١٩٨٦ أن البيانات قد طغت عليهما حتي غرقا!

في نحو هذا الوقت، كان حقل البيولوجيا الجزيئية يتحول تدريجياً نحو الكُمْتَرَة - لا، والكمرة بالكمبيوتر الشخصي. لم يكن هناك في البداية إلا قلة من الشركات الكبيرة تستطيع أن توفر العتاد المكلف والبرمجيات الخاصة الغالية السعر المطلوبة للتحليل المُكْمَر للبيانات البيولوجية. لكن، مع انخفاض السعر في الثمانينات وتوفر المنتجات الجديدة أصبح في مقدور كل معمل تقريباً أن يفيد من سرعة الكمبيوتر وقدرته. انهمكت شركات البرامج في حماس تصمم برامج جديدة للبيولوجيين، وبدأ المقاولون يقيمون شركات تجني أرباحها من بيع الخدمات البيولوجية للكمبيوتر والبيانات؛ وأخذت بنوك البيانات تحوّل معلوماتها، وأنشئ منها الجديد. ثم بزغ علم جديد - المعلوماتية البيولوجية (البيومعلوماتية) - واعترف به كأداة وصل ذهنية هامة ما بين ثورة المعلومات / الاتصالات والثورة البيولوجية. وبدأت تسهيلات جديدة تنبجس في كل مكان. وفي عام ١٩٨٩ أنشأت المكتبة الطبية القومية للولايات المتحدة مركزاً لمعلومات البيوتكنولوجيا هدفه تسريع تدفق المعرفة بين الباحثين، ومن الباحثين إلى مبدعي التطبيقات الطبية. ولقد كان من بين أبرز معالنه نظام ذكي للتوصل يسمى جين إنفو يمكن الباحثين من وضع الأسئلة بأسلوبهم ليتلقوا الإجابة معلومات ترد مباشرة من قواعد البيانات. وفي عام ١٩٩٥ أفتتح قرب كميريدج المعهد الأوروبي للمعلوماتية البيولوجية كمحطة خارجية تخدم الحاجات المتزايدة للباحثين الوراثيين من المعلومات.

طبيعي أن البدء في مشروع الجينوم البشري، بهدفه الطموح لإنتاج سجل للتابع الكامل للجينات بدنا الانسان، قد أعطى دفعة هائلة لهذا المد البيومعلوماتي. ومثله أيضا فعل ابتكار الإنترنت.

والإنترنت ببساطة هو أسرع ما ابتُدِع من نظم الاتصال غواً، وهناك من المتحمسين مَنْ يعتبره أعظم الابتكارات البشرية طراً. وليس أقل ما يقال عنه إدهاشاً أن حكومة الولايات المتحدة هي التي بدأتها أصلاً - أولاً كنوع من المستودع الفكري للبتاحون، ثم، وبعد أن تولت أمره المؤسسة القومية للعلوم، كأداة وصل معلوماتية للبحث والتعليم. لم يخطط له في الحق أحد كي يتنامى ليصبح هذه الشبكة الكُرْضية الهائلة. ولقد قالها كاتب خبيث في "نيو ريبيليك": إن الظاهرة بأكملها تبين ما تستطيع الحكومة أن تنجزه إذا لم تهتم بالموضوع.

يمكن للكلمات أن تصف الإنترنت وأن تصف "شبكة العالم أجمع (ش ع أ)" بطريقة عامة، لكنك لا تستطيع حقاً أن تكتب عن النظام بأكمله بتفاصيله أو بدقة بالغة. ذلك لسببين: أولهما أنه يحمل من المعلومات أكثر من أية مكتبة، وثانيهما أنه ينمو بأسرع مما يستطيع أحد أن يكتب ويطبّع وينشر كتاباً أو مقالا عنه.

تؤدي شبكة الإنترنت حالياً مهمة الطريق الإلكتروني العام للعالم بأسره، فتربط ما بين هذا الحشد المتزايد من مواقع الشبكات وقواعد المعلومات. والحق أن مصطلح "الطريق العام" ليس سوى استعارة ضعيفة لنظام معلومات له هذا العدد الهائل من الوصلات، وله من السعة ما قد تُهْمَشُ معه الجغرافيا: لا شك أنه سيتطور، ولا شك أن ستستبدل به نظم أكبر وأسرع، نظم تتميز بانسجام أكثر بين أجزائها المختلفة وقدرة أوسع على نقل البيانات. لكن مبداء الكُرْضي الحالي وسرعته فيهما من الروعة ما يكفي. يقوم هذا النظام بعمل عشرات الملايين من العلماء والطلبة والبيروقراطيين والكتاب المأجورين والمهرجين - ثم أنه يخلق شبكة

معلومات علمية كرضية لم يسبق لها مثيل. وعلى هذا فإن ظهور الكمبيوتر وتكنولوجيا المعلومات لا يُسهّل فقط عمل آحاد الباحث، وإنما يوفر أيضاً - للعلم ككل - بيئة للعمل جديدة تماماً - لاسيما بالنسبة لعلم الوراثة، علم المعلومات البيولوجية.

لقد تحولت البحوث الوراثية تماماً بتطوير لم يتوقعه أحد على الإطلاق عندما ظهر الفتح الأصلي لواطسون وكريك. لم يكن للوراثة الحديثة أن تتطور كما تطورت دون وجود قاعدتها التكنولوجية، تماماً مثلما لم يكن للأدب الحديث أن يتطور دون وجود المطبعة. والحق أن نظام المعلومات قد أصبح عقلاً فائقاً لا ككل العقول، تحمل ذاكرته النتائج المجمعّة لشبكة عالمية من العلماء. وفي أثناء ذلك أصبح الكمبيوتر أيضاً هو الاستعارة المفضلة لوصف الجين. لم يعد الدنيا كتاباً كما كان يُقال، إنما أصبح - كما وصفه م. ميتشيل والدروب، الكاتب العلمي - "نوعاً من الكمبيوتر بمقياس جزيئي". يوجه عمل الخلية وهي تبني نفسها وترسم نفسها وتتفاعل مع العالم الخارجي.

### البيولوجيا تدخل عالم الإلكترونيات:

كانت أهمية تكنولوجيا الكمبيوتر في البداية تكمن في توفيرها طريقة لتخزين البيانات ونقلها؛ وهذه مهمة ذات شأن عظيم - يصعب أن نغالي في تقدير قيمتها لأن الكمبيوتر هو النظام الأوحّد للمعلومات الذي صنعه الإنسان ويمكنه أن يقترب من تعقيدات جزئ الدنيا - لكن هذا لا يزال مجرد جزء من القصة.

. ومع تحول البرمجيات لتغدو أكثر روعة، والعتاد ليصبح أقل سعراً - وبعد أن اجتث البعائل وجرّم الجامعات. الجيل الجديد من البيولوجيين شب على ألعاب الفيديو بالكمبيوتر المنزلي - أصبحت تكنولوجيا المعلومات جزءاً من العملية البحثية ذاتها، إذ توحدت في كمال مع عمل العلم وفكره. يقوم



الكمبيوتر بإجراء القياسات والحسابات، وباعتبار النظريات، وبتحضير مواد البحث. يستعمل البعض من الحاسبات الألوان والرسوم البيانية لمساعدة العلماء في التفكير في النشاط الوراثي - مثلما ساعد الصندوق الخشبي والدبابيس ت. هـ. مورجان، ومثلما ساعدت كومة الصفيح الجميلة واطسون وكريك.

هناك الآن كوكبة كاملة متاحة من الآلات المؤتمنة لمساعدة الباحثين، تمتليء المجلات العلمية بإعلاناتها الملونة الخادعة. هل تريد أن تخلق بعض النسخ من تتابع جين عن طريق تفاعل البوليميرز المتسلسل؟ إذن فاشتر روبرو سايكلر سيستم من شركة ستراتاجين، لا ولن تدفع مبلغا إضافيا نظير حقوق استخدام هذه التقنية المسجلة براءتها: "عندما تشتري روبرو سايكلر سيستم ستمنحك شركة ستراتاجين الترخيص بلا مقابل". هل تود أن تقوم بتسلسل جين ما؟ عليك بشراء التسلسل الجديد من بيركين إيلمر: "أنت لم تشهد قبلا نظاما يمثل هذه السرعة. إن جهاز ABI PRISM 377 الذي يمتخدم الكشف متعدد الألوان وتكنولوجيا للتفريد الكهربائي متقدمة، هذا الجهاز يؤد البيانات أسرع أربع مرات من جهاز ABA 373". هل تتعقب الطفرات؟ إذن فعليك بشراء نظام D GENE من شركة بيو - راد: "الأمر لا يتطلب أية خبرة كي تصبح صائد طفرات كفءا. كان تطبيق هذه التقنيات حتى الآن صعبا بسبب بطء الأجهزة. أما نظام D GENE فهو فتح جديد في نظم الآلات، يسمح حتى للمبتدئين بأن يستخدموا هذه الطرق الفعالة بسهولة".

هناك نوع آخر من التمثيل البيوميعلوماتي يقترب من الواقع الحياتي لنا معظمنا، هو استخدام الكمبيوتر في دراسة الأمراض والتقنيات الجراحية، وفي تصور أسلوب عمل الجسم البشري. في أبريل ١٩٩٤ عُقد في أوسن تكساس أول مؤتمر عالمي للطب الحاسبي والصنعة العامة والبيوتكنولوجيا. يقول الاعلان التمهيدي الأول: "تستخدم الآن الآلات الحاسوبية ليس فقط

كأدوات استكشافية وإنما كأدوات للتشخيص والإنذار. ولقد كان لظهور  
بيئات حاسبة رفيعة المستوى أن يُخلّصنا إلى حد كبير من مشكلة زيادة  
الواقع البيولوجي للنماذج الرياضية. لقد أصبح الواقع البيولوجي العلمي،  
لأول مرة في تاريخ الطب، في متناول صانعي النماذج البيوطي".

تخطو الصُّوريّة والنمذجة البيوطية بخطى سريعة في أيامنا هذه - بسرعة  
تضاعف كل ١٨ شهراً كما هو الحال مع سرعة الكمبيوتر. تطوّر الآن  
معاهدٌ مثل العمل القومي للطب، برامجٌ جديدة لتحويل البيانات إلى صور،  
برامج تكاد تكون المعادل الفسيولوجي لمشروع الجينوم البشري. أنت تسمع  
الآن عن "مشروع الإنسان المرئي" و "مشروع الجنين المرئي" و "البرنامج  
الرقمي لرجل التشريح". تمكّننا هذه المشاريع من النظر داخل الجسم البشري  
بشكل أكثر دقة وتفصيلاً مما كان قبلاً، لتخلق أثناء ذلك سبلاً جديدة  
لممارسة الطب وتدرّسه.

قام مشروع الإنسان المرئي (ويسمى أيضاً مشروع آدم وحواء) بالتقاط  
آلاف من الصور لمقاطع تشريحية دقيقة من جثتين (ذكر وأنثى) ثم حُوّلت  
هذه إلى بيانات رقمية يمكن استحضارها على شاشة الكمبيوتر وفحصها من  
زوايا مختلفة وعلى مستويات من التفصيل مختلفة - كما لو كان الناظر  
سوبرمان يرى بأشعة أكس.

مثل هذه النماذج تسمح للطلبة والمدرسين أن يدرسوا أي عضو، وأن  
يشرحوه ثم يعيدوه ثانية كما كان (وهذا أمر مستحيل مع الجثة). يمكنهم  
أن يولوجوا في الجسم ورّما ثم أن يرقبوه ينمو، ويلاحظوا آثار الأمراض  
والحوادث داخل الجسم. ثمة تقنيات مشابهة من الصُّوريّة والنمذجة تمكّن  
الجراح من رؤية صورة جزء معين من جسم مريض - قلّ مثلاً حوضه  
المكسور أو حجمته - ثم تمكّنه من تصميم مقاطع من العظام للاستبدال  
يولّنها له الكمبيوتر. ربما كان الجيل الجديد من "الإنسان المرئي" محاكيات

شبه حية يولدها كمبيوتر فائق، تجري فيها الدماء، وتنقبض العضلات، وتتحرك العظام والأعضاء.

ثم هناك النمذجة للدراسة التطور، فالكمبيوتر أداة عظيمة لتخليق نماذج تجريدية مرئية، تشخيصات إلكترونية للعالم الواقعي - كائنات كما الأحياء يمكن أن ننظر إليها من زوايا مختلفة، تنصرف وتتحرك، تتغير مع الزمن، تستجيب لما يحدث في بيئتها. ومع تقدم نظرية النمذجة وتكنولوجياها، سنرى قطعاً رائعة من فن الكمبيوتر وعلمه، كذلك الأعجوبة الإلكترونية "تيراً" التي صممها توماس ربي بجامعة ديلاوير لتفحص النظرية الدارونية.

وتيراً هذه عالم بأسره - عالم كمبيوتر يشبه العالم الحقيقي الذي كان منذ ملايين السنين، تسكنه كائنات رقمية بُرِجت لتحيًا وتكاثر وتكيف لإنتاج نسخ منها أكثر. في هذا العالم تنشأ تعقيدات هائلة. تنمو المخلوقات المبرمجة وتطفّر، وتقع في أخطاء تؤدي إلى تغير تطوري. هي تتكاثر وتبائن. يفقد البعض منها قدرته على التكاثر، ثم يبقى كطفيليات، مثل الفيروس يستعير تعليمات غيره ممن كانوا أكثر نجاحاً في تسليق سلم التطور.

ينشد العلماء أن يصلوا من تيرا إلى نوع من تفهم جديد للغز الحياة الجوهري: كيف تطورت النباتات والحيوانات المعقدة عن كائنات بسيطة تحت ميكروسكوبية، كائنات نشأت من تفاعل المواد الكيميائية في الشواش البدائي الذي كان منذ أربعة بلايين عام.

أما تقنية الكيمياء التوفيقية ( والمعروفة أيضاً باسم التطور الجزيئي المُوجّه، وإن كان من الممكن أن تسمى في دقة باسم تربية الجزيئات بالانتخاب) فهي تفعيل مُستَرحٍ للشيء الواقعي، إن يكن يُقدّم في معمل أكثر تقليدية، تُستخدم فيه جزيئات الدنا والرنا بدلاً من برامج الكمبيوتر. تسلك الجزيئات بشكل ما سلوك الكائنات الكاملة، ثم انها لا تتطلب حيزاً كبيراً - حيز أصغر حتى من مستبتات البكتريا. وهذا يتيح للباحثين العمل على عشائر هائلة - فقد تتضمن التجربة عشرة ترليونات جزيء تسبح في محلول

مركز. إذا ما عُرِضت هذه إلى ضغوط مختلفة ومنبهات، تطورت - زادت قابليتها للقيام بأدوار كيميائية أساسية معينة، بل لقد تكتسب حتى أدواراً جديدة. أما أكثر ما يعاب عليها فهو أن معدل تكاثرها بطيء نسبياً - يومان أو نحو ذلك. لكن العاملين من العلماء على هذا الجزء من داروينية التكنولوجيا الرفيعة، يعتقدون أنهم قد يتمكنون بتكنولوجيا جديدة من أن يرفعوا السرعة إلى نحو خمسين جيلاً في اليوم. يتطلب هذا البحث، بالطبع، الكمبيوتر ليتتبع ترليونات الجزئيات. يشكل الباحثون فريقاً من الزملاء يعملون سوياً - من الناحية الذهنية لا الجغرافية. هم يعملون في معامل تفصلها آلاف الأميال، لكن الكمبيوتر يربط ما بينهم، وبياناتهم تنتقل إلكترونياً فيما بينهم.

والكيمياء التوفيقية، تماماً مثل مجالات البحوث التي تنشأ عن لقاء البيوتكنولوجيا بتكنولوجيا المعلومات (الإنفوتكنولوجيا)، هي علم بحث، وهي علم تطبيقي في آن. ينشد العلم البحث تفهماً أدق للطريقة التي بها حدث التطور. يفتحص الباحثون في عناية وهدوء ما إذا كان هناك أمل في بلوغ مأثرة أثيرة لدى كتاب الخيال العلمي، ألا وهي تخليق الحياة في أنبوبة الاختبار. قال أحدهم لمراسل صحفي علمي: "إذا تمكنا من الوصول إلى وضع تستطيع فيه الرناوات أن تنتخب بحيث تقوم بنفسها بتضاعفها - بدلاً منّا نوجه التطور بأن نضيف إنزيمات بروتينية تساعد على حدوث التضاعف - عندها لن يصبح الأمر تطوراً موجهاً، إنما تطور كافٍ نفسه بنفسه. والبعض قد يسمى هذا حياة.

ينشد العلم التطبيقي منتجات صيدلية، بيوكيميائيات هدفها الأمراض، مثل تصلب الشرايين المضاعف. وهو يسهم في ثورة طبية تكشفت في سرعة حتى أن معظم الأطباء لا يدركون تماماً ما حدث.

## نداء إلى الأطباء:

في أواخر عام ١٩٩٣ نقلت النيويورك تايمز خبراً مفاده أن عالم الطب قد تعرض لوابل غير عادي من المقالات العلمية - أكثر من ١٥٠ تقريراً مختلفاً عن التقدم في الوراثة الجزيئية في إحدى عشرة مجلة - وابل نسقَه ولاية الأمر بالجمعيات المختصة. يقول الخير: "بعد أن اقتنعت الجمعية الطبية الأمريكية بأن التقدم في كل من البيولوجيا الجزيئية والوراثة الجزيئية يُحوّل الآن نظرية الطب وممارسته، فإنها تهيب بأطباء الأمة جميعهم أن يولوا الأمر اهتمامهم". قال واحد من قادة المشروع عن هذا الفيض من المقالات إنه "انفجار، قمة، بيان بليغ عن أهمية هذا الموضوع بالنسبة لصحة الانسان".

كانت الجمعية تحاول أن تبلغ أعضائها أن الاكتشافات الوراثية تُحوّل الآن كل ما هو مهم عند الأطباء والمرضى - المعارف عن أسباب المرض، عن وسائل العلاج، عن القضايا القانونية، عن القضايا الأخلاقية، عن كل شيء! تقول إحدى المقالات إنه لم يحدث منذ العصور الوسطى - عندما بدأ بعض الباحثين يتحركون حثيثاً نحو اكتشاف البكتريا - لم يحدث "أن أصبح المسرح مهيباً لتفكير جديد تماماً في أسباب المرض والعجز، مثلما يحدث الآن فيما يتعلق بتفسير الجينوم البشري". وهناك آخر قد نبّه إلى أنه على الرغم من أن التغيرات المحسوسة الآن مذهلة، إلا أنها ليست سوى جزء غاية في الضعالة مما سيُتكشف". يستطرد الكاتب ليقول: "إننا في الحق قد بدأنا نرى قمة جبل الثلج".

## ويظهر جبل الثلج :

سأختتم استعراض الحوادث البيولوجية/المعلوماتية هذا بتنبؤ: في السنين العشر القادمة -السنين الأخيرة من القرن العشرين والأولى من الحادي والعشرين- سيشهد العالم ترنيمة كالشلال من الثورات في علوم وتكنولوجيا البيولوجيا.

رعا كان أول ما سيحذب الأنظار هو الشيء الذي يقلق بال الجمعية الطبية الأمريكية - الثورة في الدواء. والواقع أن سيكون عدد من هذه الثورات، وسيكون أثرها الجمعي هو تحول خطير في التشخيص والعلاج والمحافظة على الصحة - مع تغيرات مقابلة في أساليب الحياة الشخصية لكل فرد منا.

ستكشف في الوقت نفسه ثورة في الزراعة لا تقل إثارة أو خطورة عن ابتكار الزراعة منذ عشرة آلاف عام. وهذه ستحلب أغذية جديدة، وطرقاً جديدة لإنتاج الطعام، وصوراً جديدة من الأطعمة القلبية، ومنتجات غذائية جديدة غير زراعية (كالأدوية)، وانتفاضة هائلة في التجارة الدولية، ومجموعة جديدة تماماً من المداخل للتنمية الاقتصادية، ووفرة من الجدل!

وفي غضون ذلك ستقوم ثورة بيو-صناعية تغير الكثير من أنواع التصنيع وتقدم مصادر جديدة للطاقة وللمواد الخام الكيماوية - وستخلق في نفس الوقت صناعات جديدة تماماً وتقضي على بعض الصناعات الحالية. وعلى طول الطريق ستبني ثروات، وتضيع لا شك ثروات شركات وأناس لم يتنبهوا إلى ما يصدر عن العامل من أنباء. والأهم أن هذه الثورات لن تحدث ثم تنتهي، بل ستكون ثورات مستمرة، تعتمد على نفسها وتنمو.

قد يبدو كل هذا حابساً للأنفاس، لكن التنبؤ ليس بخاصة مخوفاً بالمخاطر. فإذا كان ثمة من شيء، فإن هذا التنبؤ محافظ، بل إنه لا يكاد يكون تنبؤاً لأن كلا من الثورات التي ذكرتها فيما سبق تمضي الآن قدماً، ويمكن لأي عالم متمكن في القرون المختلفة التي نسميها البيوتكنولوجية أن يخبرك أن الفتوحات تتم الآن بمعدل مذهل. على أن معظم العلماء الأكفاء هم أيضاً متخصصون. هم إذن يعرفون ما يجري في ميدانهم، لكن القلة منهم فقط يمكنهم أن يجمعوا الأجزاء جميعاً في كل كامل - وهذا الكتاب يهدف إلى تجميع الأجزاء.

بعض هذه الأجزاء يتعلق بما نسميه البيوتكنولوجيا. والبيوتكنولوجيا معلومات. ويلزم أن يكون هذا واضحاً تماماً، وهناك من لا يفهمون هذا كما يجب، مثل الباحثين عن حق التملك الكامل لقطعة من البيوتكنولوجيا أو أكثر، ومثل من يحلمون بالقضاء على هذه التكنولوجيا قضاء مبرماً.

والبعض الآخر من هذه الأجزاء يتصل بالإيكولوجيا ودراسة المحيط الحيوي - لأن لتكنولوجيا المعلومات أثراً ضخماً على طريقة تفكيرنا في الحياة على الأرض. هي لا تغير فقط من عمل العلماء، إنما تغير أيضاً كل ما نتحدث عنه ويقلقنا. لقد احتلت المعلومات الإيكولوجية موقعا مركزيا في السياسة، وهي قوة رئيسية في تشكيل مجتمع كُرْضِي جديد.

وهذا المجتمع الكرْضِي الجديد هو مجتمع بيومعلومات صَنَعَةُ تجميع مثل هذه الأجزاء - التقاء العلوم والتكنولوجيات بما فيها البيوتكنولوجيا، وعلوم الأراضي، والإيكولوجيا، وتكنولوجيا المعلومات/الاتصالات.

في الفصول التالية ستفحص الأجزاء المختلفة لهذا التقارب، لتتحرك ما بين الكرة الأرضية والجين، ما بين الماكرو والميكرو، وتتوقف بينهما في بضع محطات. دعنا نبدأ بمستوى الميكرو - بالبيوتكنولوجيا، تلك الموجة المزعجة من النشاط التي نَمَتْ في سرعة غريبة عن البحوث الوراثية لتبدأ الآن في كشف قدراتها على تغيير العالم.





## الفصل الثاني البيوتكنولوجيات الدقيقة: حشد من الثوار

إننا نحيا الآن المراحل الأولى من الثورة البيولوجية، وإن كان ادراكنا هذه الحقيقة لا يزال مبهما - ثورة القرن العشرين التي سيكون أثرها في حياة البشر أبعد بكثير من أثر الثورة الميكانيكية العظيمة للقرن التاسع عشر، أو الثورة التكنولوجية التي نمر بها الآن.

- جوردن وايراى تايلور.

أشهد الكثير من المؤتمرات عن قضايا البيوتكنولوجيا. ثمة ملمح يتكرر فيها جميعا - صدقني - وهو أن يقوم شخص يعمل بشركة للبيوتكنولوجيا ويتخذ مكانا على المنصة، ثم يبدأ قائلا إن البيوتكنولوجيا ليست في الواقع جديدة على الإطلاق. أما ترون أن الناس قد بدأوها من آلاف السنين؟ هناك بعيدا بعيدا في الأزمنة القديمة كانوا يستخدمون البكتريا في صناعة الزبادي والجبن وفي تخمير البيرة.

وهذا صحيح حرفيا وإن شأبته مسحة من خداع. صحيح أن التخمر يقع داخل التعريف القياسي للبيوتكنولوجيا، وصحيح أن الناس كانوا يستخدمون البكتريا استخداما فعالاً قبل فجر التاريخ - على الرغم من أنهم لم يعرفوا حقا بوجود البكتريا إلا في منتصف القرن التاسع عشر.

لكن المقارنة توحي بأن شيئا لم يتغير، وهذا تحلٌ خطيرٌ لمتلازمة "إننا لا نلاحظ". لقد تغير شيء في غاية الأهمية. إن التخمر وأنت تعلم أنك تستخدم البكتريا يختلف عن التخمر عندما تصنع شيئا من مادة خام في وعاء ثم يجرى له أمر غريب. ثم إن التخمر عندما تعرف الشفرة الوراثية للبكتريا هو الآخر شيء مختلف. أما التخمر عندما تكون عمليا قد صنعت البكتريا - واستخدمتها في إنتاج دفعة من هرمون النمو الآدمي - فهذا حقا شيء مختلف جدا.

يستخدم الناس البكتريا الآن (وغيرها من الكائنات البقية، ونباتات أخرى وحيوانات) بطرق جديدة تماما. ولقد نشأت هذه الاستخدامات الحديثة عن قاعدة تنامي من المعارف الوراثية. وهذا الانفجار المعلوماتي في حد ذاته هو واحد من أكثر التحولات الثورية التي حدثت على ظهر كوكبنا سرعة وروعة - ونخطيء إذا اعتبرناه شيئا أقل من ذلك. والواقع أنه ليس ثورة بيولوجية واحدة. إنه عدد من الثورات يحدث في آن واحد.

### الثورة البيولوجية : ماذا تكون وماذا لا تكون

لم تحدث الثورة البيولوجية قبلا - وأعني بهذه الثورة تلك الصور المختلفة من البيوتكنولوجيا المرتكزة على علم الوراثة الحديث وعلى اللقاء البيومعلوماتي. إنها تشبه ثورات أخرى وقعت قبلا - الثورة الصناعية ، وابتكار الزراعة، و(نعم يا سيدي) اكتشاف التخمر - لكنها حقا فريدة في نوعها وتفتح فصلا جديدا في التاريخ البشري.

لكن هذا لم يتضح حقا حتى الآن. يجد الناس صعوبة في تفهم ما يجرى الآن تشكيله، والكثير مما يجري الآن من مناقشات حول البيوتكنولوجيا هو مجرد محاولات لتعريفها عن طريق مقارنتها بأشياء أخرى. يتم الحوار جزئيا بلغة العلم، لكنه يمضي أيضا باستعارات لتصور ما يشبه هذا العلم الجديد.

نلجأ إلى الاستعارات عموماً لفائدتها في تفخيم جدول الأعمال السياسي للمتحدث.

أما من رفعوا السلاح في وجه البيوتكنولوجيا فيجبون أن يقارنوها بالكيماءات العضوية الخطيرة - مبيدات الأعشاب ومبيدات الآفات التي عنها كتبت راشيل كارسون - وبالطاقة النووية التي وعدتنا بالطاقة النظيفة ثم أهدتنا شرنوبيل. هم يزكون اصدار تشريعات صارمة تحدد من استخدامات البيوتكنولوجيا أو تنظيم الأمر بحيث نخفي تماماً - وذلك أفضل جداً. أما التشبيه الأكثر لديهم فهو إعادة الجنين ثانية إلى القمقم.

وأما أهل الصناعة فيفضلون مقارنة البيوتكنولوجيا بالصناعات الأخرى - كصناعة السيارات والإلكترونيات - التي تمتعت فيها أمريكا بميزة تنافسية مبكرة لم تُعد لها الآن. و جدول أعمالهم المفضل هو بالطبع تهية مناخ حميم تزدهر فيه الصناعة وتحتفظ فيه أمريكا بوضعها القيادي بين الدول الأجنبية المنافسة. من السهل جداً أن يُعادل العلم بالصناعة، لاسيما في الولايات المتحدة السعيدة بصناعاتها. بل وسنجد أن كارهي البيوتكنولوجيا يميلون أحياناً إلى هذا لأنه يعني أن كل المهدف من البيوتكنولوجيا هو كسب المال. لكن هذا ليس حقاً هو السبيل إلى تفهم ما يجري. صحيح أن هناك من يحاول أن يثرى من وراء البيوتكنولوجيا، وهناك أيضاً من يحاول أن يثرى من وراء الدين - وقد يكون حظه من النجاح أكبر - لكن لا يمكن في أي من الحالتين أن تُختزل الظاهرة الكبرى ببساطة إلى الاستثمار الاقتصادي .

مفيدة فعلاً تلك المقارنات والاستعارات التي استُخدمت في الجدل العام حول البيوتكنولوجيا، لكن لها حدودها. فإذا كان لنا أن نفهم الثورة البيولوجية وأن نخترط في جدل خصص حول ماهيتها ومغزاها بالنسبة لحياتنا، فنستصل إلى تعريف أفضل - إلى أطار أرحب وأكثر ملاءمة. وإذا لم

نفعل، فالأغلب أن نهدر الكثير من الوقت والطاقة فيما يسميه رجال الإدارة "مشكلة المشكلة الخطأ".

البيوتكنولوجيا معلومات من صنف خاص وممتع جدا - معلومات بشرية (منطوقة، مكتوبة، مطبوعة، دُفِعَ بها إلى الكمبيوتر) حول معلومات ورائية. هذه معلومات أتاحها تحول تطوري، لقاء البيولوجيا بتكنولوجيا جديدة للمعلومات / الاتصالات. لم تكن هذه ببساطة موجودة في عالمنا حتى عهد قريب. ومع تطور هذه المعلومات ينتج تفهم جديد - تبصرات جديدة في مواضيع كمثل: كيف يعمل التطور، كيف تورث الصفات، ماذا يحدث عندما يهاجم الفيروس الجسم - وتطبيقات جديدة أيضا. يتعلم الناس كيف يقومون بأشياء كانت مستحيلة قبلا، وأن ينفذوا أشياء قديمة بطرق جديدة.

### الأدوية الجديدة :

يستطيع بعضهم - ممن يتهنون الطب - أن يشخصوا بعض الأمراض بصورة أسرع وبدقة أكبر. وعلى الرغم من أن التشخيص قد يكون أقل استخدامات البيوتكنولوجيا شهرة، إلا أنه هو المجال الذي كان له أكبر أثر فوري. من بين أسباب ذلك أن عدة التشخيص ثمر غير الموافقات الفيدرالية بالولايات المتحدة بصورة أسرع بكثير من الأدوية ومن تقنيات العلاج.

من بين البيوتكنولوجيات الأقل شهرة هناك استخدام الأجسام المضادة النقية - فهذه لم تحظ من الانتباه إلا بأقل القليل مقارنة بالدنا المطعوم، وإن كانت أوفر منه انتاجا في السنين المبكرة من عصر المعلومات البيولوجية. والأجسام المضادة بروتينات يصنعها الجسم للدفاع عن نفسه. هي تتحرك لمواجهة أي جزيء غريب (أنتيجين) وتشابك معه حتى تقضي عليه. أما الشيء العجيب عن الجسم المضاد فهو نوعيته. إنه مكيف بالضبط للملاقاة عدوه. فالجسم المضاد لأحد فيروسات الانفلونزا ليست له أدنى فعالية ضد أي فيروس آخر. وكما قال كتاب مرجعي: "إن الأمر يبدو كما لو كنا

نحمل داخل أجسامنا جيشاً عرمرماً نائماً، مولفاً من ١٨ بليون جندي، لا تستيقظ أية كتيبة منه إلا عند اقتراب عدو يرتدي بزة عسكرية ذات لون معين".١.

حُدِّد التركيب الأساسي للأجسام المضادة عام ١٩٥٩. كان الواضح أنَّ لها استخدامات عديدة متوقعة في البحث العلمي والعلاج، لكنها كانت غالية السعر بشكل قاطع، كما كان من الصعب توفيرها بالمقادير المفيدة. وفي عام ١٩٥٧ اكتشف فريق من باحثين في إنجلترا (سيزار ميلشتاين وجورج كوهلر) طريقة لإنتاجها بالجملة وذلك عن طريق دمج خلية جسم مضاد في خلية سرطانية - لتنتج خلية هجينة (تسمى هيبريدومة) لها خصائصهما معا: تُنتجُ الجسم المضاد وتكاثر نفسها إلى ما لا نهاية. أحمل ميلشتاين وكوهلر - عن تفكير - تسجيل براءة اكتشافهما، فبزغ فعلاً ما بين يوم وليلة علم جديد وتكنولوجيا جديدة وصناعة جديدة. تظهر في كل عام عشرات الآلاف من خطوط هيبريدومات جديدة، وفي عام ١٩٨٤ أنشئ "بنك بيانات الهيبريدومات" كمصدر مركزي للمعلومات عنها.

ولأن الأجسام المضادة نوعية، فإنها تصلح في مجال التشخيص. ولما كانت عُدَّة التشخيص تُستخدم للاختبار "في الأنبوب" (في المعمل الطبي) لا داخل جسم الإنسان، فإنها لا تحتاج إلى المرور في الإجراءات الصارمة لاختبارات الأمان. يكفي أن يبيِّن المصنِّع أنها تعمل. وعلى أواسط الثمانينات كان قيد الاستعمال فعلاً عُدَّة لتشخيص الأمراض التناسلية البشرية، والالتهاب الكبدي ب، وغيرها من الأمراض الفيروسية، وطلق المراقبون يتحدثون عن "ثورة" في التشخيص. هذه هي المرة الأولى التي استخدم فيها كلمة "ثورة" (وسأستخدمها مراراً) فيما يتعلق بآثر البيوتكنولوجيات المختلفة في المجالات المختلفة. ولقد نتج عن تطورات حديثة، في هذا المجال نفسه، عُدَّة تشخيص للاستعمال المنزلي. هذه ثورة

أخرى سنتناقشها في فصل تال، لأنها تتعلق "بالعناية بالذات" مثلما تتعلق بالصور القياسية للممارسة الطبية.

يمكننا لقاء البيولوجيا والمعلومات من شيء كان من المستحيل قبلا أن ينجزه خبراء التشخيص - أن يخبروك بالمرض الذي سيصيبك أو سيصيب طفلك قبل أن يولد. إن القدرة التنبؤية للقرز الوراثي في الوقت الحالي مقصورة على مجال ضيق جدا من المشاكل. هذه واحدة من أكثر مجالات البيوتكنولوجيا حساسية للأخلاقيات، لأنها تعني أن التشخيص يسبق العلاج. بمراحـل: يستطيع العلم الطبي أن يحدد بدقة -عالية في الغالب- جينات أمراض ليس من يعرف لها علاج.

تمكن العلماء باستخدام تكنولوجيا الدنا المطعوم - وقد تكون هذه هي أشهر البيوتكنولوجيات - من تصنيع بروتينات للاستعمال الطبي، وذلك بإيلاج جينات بشرية داخل البكتريا. استعملت هذه الطريقة في البداية لتصنيع بروتينات (كالانسولين الآدمي أو هرمون النمو) تكاد تطابق تلك التي ينتجها جسم الانسان. أما المرحلة الثانية، التي بدأت فعلا، فهي "هندسة البروتينات"، وفيها يقوم الوراثيون بتحويل البروتينات حتى تصبح أكثر فعالية - أو حتى بتخليق بروتينات ليس لها في الوجود نظير.

عندما قمت بزيارة اليابان عام ١٩٨٧ لإجراء مسح عن تقدمها في البيوتكنولوجيا، وجدت معهدا هائلا جديدا لبحوث هندسة البروتينات، ساهمت في تمويله بلالين اليتات: الصناعات والحكومة الوطنية. كان الهدف منه لإجراء البحوث الأساسية على التركيب البالغ التعقيد للبروتينات - البحوث الأساسية التي ستقيم بنوك المعلومات للأجيال القادمة من مهندسي البروتين.

والبروتينات - في نهاية الأمر - هي أساس كل ما يشكل الكائنات الحية وأساس كل ما تفعله. هي التي تبني شعرنا وجلدنا وعظامنا - وهي أيضا

التي تبني الأغذية والألياف التي نحصدّها من النباتات والحيوانات المستأنسة. وهي الهرمونات التي تنظم دوافعنا الجنسية، والإنزيمات التي تهضم طعامنا، والأجسام المضادة التي نقاوم بها الأمراض.

يُخلَق البروتين داخل الخلايا، تحت توجيه الجينات، ومن الممكن تحويل هذه التوجيهات. وتكنولوجيا تغيير التوجيهات -أي هندسة البروتين- هي مصدر واعد جداً لعلاج الكثير من الأمراض، وهي الابن الشرعي للقاء البيولوجيا والمعلوماتية. غمة تقرير نُشر بمجريدة يومية يصفها في ذكاء بأنها "تهجين ما بين تشذيب الجينات وتَمْدِجَة الكمبيوتر".

الأمر يتطلب وقفة هنا لنقول إننا نتحدث عن طريقة مختلفة جديدة لإنتاج العقاقير العلاجية. تَطَوَّر علم العقاقير في الماضي على مراحل. في البداية، استخدم الناس ما يجدونه أمامهم في الطبيعة، مثل النباتات الطبية. ثم بدأوا بعد ذلك يزرعون ويحصلون البعض من هذه النباتات. ثم تعلم العلماء، مؤخراً جداً في الحقيقة، كيف يركّبون المقومات الفعالة. أما في الوقت الحالي فيُكتشف الكثير من العقاقير الجديدة إذ يقوم التقنيون في حمية بفرز واختبار الآلاف بل والملايين من المواد. وهذه في حد ذاتها تكنولوجيا بيومعلوماتية يستزايد صقلها: هناك شركة في وادي سليكون قد طورت عملية يمكن بها للباحثين أن يركّبوا مركّبات مختلفة على رقائق سليكون وكرات ميكروسكوبية الدقة، ثم أن يختبروا إمكانياتها الطبية. وهناك على مقربة منها شركة أخرى، شركة شامان للعقاقير، تبحث بباحثيها بيجوبون العالم، حتى القرى والأدغال، لدراسة الممارسات المحلية للعلاوة، بحثاً عن النباتات الاستوائية المفيدة طبيًا، لتُفرز مركباتها وتُدرس في معامل الشركة بأحدث التكنولوجيات: مزج جديد لتقديم مع الحديث، صورة أخرى من الشبكة الكرضية البيومعلوماتية .

تمضي هندسة البروتين الآن في مضمار تطورها: يُنتج الجيل الأول من هندسة البروتين تغيرات طفيفة في البروتينات الموجودة. أنتجت صورة محورة من الصببيليزين (وهذا بروتين بكتيري يستخدم في المنظفات) تبقى لا تضيق في وجود مواد التقصير؛ أنتجت صور أكثر فعالية من أدوية مثل بيتا إنترفيرون؛ أنتجت إنزيمات صناعية تعمل بشكل أفضل تحت درجات الحرارة العالية. وقد يستغل الجيل الثاني من "البروتينات التفصيل" في علاج السرطان، وفي معالجة الماء، وفي صناعة بلاستيكات جديدة ومنسوجات ومواد صناعية. أما الجيل الثالث فقد لا يأتي وقد يكون على وشك الظهور - حسب تقديرك للأمر - إنه النانوتكنولوجيا: كميوترات بروتينية بالغة الدقة، ماكينات بروتينية تحت ميكروسكوبية يمكنها أن تبحر في تيار الدم لمقاومة مرض أو اصلاح عطب بالجسم. ونحن الآن في مكان ما بالجيل الأول - وربما كنا نتحرك نحو الجيل الثاني. لكن المؤكد أن هندسة البروتين قد بدأت، وأنها بلا جدال ثورة في الطب.

في نفس الوقت، هناك ثورة أخرى في الطب قد بدأت - العلاج بالجينات. قد يكون العلاج بالجينات هو أوضح سبيل لاستخدام المعلومات الوراثية. عرف العلماء منذ فترة أن الكثير من الأمراض الخطيرة ينتج عن جين واحد معطوب. هناك قائمة يزيد عددها على المائتين من مثل هذه الأمراض، منها الحثل العضلي، وأنيميا الخلايا المنجلية، والتليف الكيسي، والهيموفيليا، وعدد من أمراض الوهن الوراثي للجهاز المناعي تشبه الإيدز. وربما كان من أسوأها مرض نقص المناعة المشترك الحاد الذي يعرف باسم "مرض طفل الفقاعة"، فهذا المرض يؤدي إلى جهاز مناعي مشوه حتى يلزم أن يحمي المصاب به في بيئة محمية - كالفقاعة البلاستيكية التي حاش بداخلها صبي لمدة اثني عشر عاما حتى مات في النهاية بسبب عدوى أصابته عند محاولة ازدياع نخاع عظامه.



والآن، يبدو من المنطقي جدا أن نقول إنه إذا ما كانت الجينات هي السبب في مشكلة، فقد يكون الحل جينات أخرى - سيكون العلاج الأفضل هو إدخال بعض الدنا السليم في الجسم بحيث يبدأ الجزء غير العامل - أيا كان - في العمل على الوجه الصحيح. ورغم ذلك فقد ظلت الغالبية العظمى من العلماء لسنين طويلة يعتبرون فكرة العلاج بالجينات فكرة مستحيلة. ولا شك أن قد كان للعلاج بالجينات - عاجلا أو آجلا - أن يتجاوز هذه الشكوك ويصبح جزءاً من الطب السائد. ولقد حدث ذلك بأسرع من المتوقع، إذ جُرِّبَ بالفعل في أوائل التسعينات على يدي رجل عنيد غاية في العناد اسمه الدكتور فرينش أندرسون.

(٤)

كان فرينش أندرسون، وهو الآن بكلية الطب جامعة جنوب كاليفورنيا، شخصا وراث على ما يبدو بمجموعة رائعة من الجينات - هكذا وصفته مقالة ظهرت بإحدى المجلات منذ بضع سنوات. شب وترعرع في تولسا أو كلاهما حيث تمكن من القراءة والكتابة والحساب قبل أن يدخل الحضانة، وعندما بلغ الثامنة كان يدرس الكتب الجامعية. وعلى الرغم من أنه كان متعنا بتهته، إلا أنه تخطى هذه العقبة بتصميم لا يلين - أبداه أيضا فيما بعد في حياته المهنية - ليصبح نجما في فريق المناظرات بالمدرسة الثانوية. ولقد أبدى تميزا أيضا في الألعاب الرياضية، وحظى بمنحة دراسية في هارفارد، كما طرأت له وهو طالب بكلية الفكرة الأصلية لعلاج الأمراض الوراثية. في نقاش له مع محاضر زائر كان يتحدث عن جزيء الهيموجلوبين (الذي ينقل الأكسجين في مجرى الدم) وصورته المنحنية التي تسبب نوعاً من الأنيميا الحادة، اقترح أندرسون إمكانية علاج هذا المرض بتحويل جين الهيموجلوبين، فرفض الفكرة بازدراء، لكنه سمع كلمة طيبة من أستاذ آخر شجعه على ألا يهجر الفكرة وأن يفكر فيما إذا كان من الممكن أن تنفذ عمليا.

بعد أن أنهى أندرسون دراسته بكلية الطب جامعة هارفارد، عمل باحثاً بالمعاهد القومية للصحة (م ق ص) بواشنطن دي سي، وهناك طور في بطن أول تجارب العلاج بالجينات. قدم اقتراحه للعلاج البشري إلى اللجنة الاستشارية للدنا المُطعَّم التابعة لـ "م ق ص" فرفضته. وأخيراً، وفي عام ١٩٨٩، وافقت اللجنة على إجراء أول بحث. لم يكن هذا محاولة لعلاج مرض، وإنما كان تجربة على مريض متطوع في أيامه الأخيرة، لبحث ما إذا كان من الممكن أن يُستخدم أحد الفيروسات الارتجاعية (المصنوعة من الرنا لا الدنا) لنقل جينات واسمة إلى داخل جسم الإنسان، ثم أن يُعبرَ عنها (نعني أن تُوجَّه خلية لصناعة بروتين). ولقد وَجَدَ حتى هذا الاختبار مَنْ يعارضه باللجنة. ثم أُجِّلَ الاختبار ثانية بسبب قضية رفعتها مؤسسة جيرمي ريفكين للاتجاهات الاقتصادية. نجح الاختبار على أية حال، وفي يوم ١٤ سبتمبر ١٩٩٠ أجرى أندرسون وزملاؤه أول تجربة حقيقية للعلاج بالجينات.

كانت المريضة طفلة تبلغ من العمر خمس سنوات، تعاني من عجز وراثي عن صناعة إنزيم اسمه أدنوزين ديأميناز أو "أدا". يقوم الجسم في غياب أدا بتجميع مادة كيميائية تقتل خلايا "ت"، وهذه خلايا أساسية للجهاز المناعي. كان جسم الطفلة لا يستطيع الدفاع عن نفسه ضد أي مرض: الزكام مرض خطير، أما جدري البقر فقد يكون قاتلاً. ومنذ أن اكتشف والداها طبيعة مرضها أنفقت الطفلة معظم حياتها في معزل، وقرا لها أفضل العلاجات المتاحة - كانت تحقن كل أسبوع بصورة من أدا مأخوذة من الأبقار - لكن هذا لم يُشَفِّ جهازها المناعي.

لو أنك حضرت الواقعة التاريخية لإجراء أول "عملية" وراثية، لما رأيت سوى عملية نقل دم بسيطة. لكنها لم تكن أبداً بسيطة، لقد كانت ذروة إجراء غاية في التعقيد تم تطويره عبر سنين العمل المعلمي واختبار لمكوناته المختلفة. قبل العملية بعشرة أيام أخذ العلماء بعضاً من دم الطفلة، وفصلوا منه كرات الدم البيضاء، ثم أعادوا إلى جسمها ثانية الكرات الحمراء

وبالضرورة. وفي معمل قريب حققوا الكرات البيضاء هذه بصورة مُحَوَّرَة من فيروس لوكيميا الفأر. كان المطلوب أن يعمل الفيروس كناقل - حصان طروادة لإدخال الجينات الجديدة إلى جسد الطفلة. هذا ما تقوم به الفيروسات وهذا ما يجعلها خطيرة: هي تهاجم كروموزومات خلايا العائل وتدفع الخلايا إلى إنتاج فيروسات أكثر. كان قد تم تجريد الفيروس من إمكانية تنفيذ حلول أعماله، وكان يحمل بدلاً عنه جين أدا البشري. وبعد عشرة أيام من تنمية كرات الدم البيضاء المعالَجة وراثياً أُعيدت إلى جسم الطفلة بعملية نقل دمٍ أخرى - وكانت هذه هي أول "عملية" علاج بالجينات.

في السنة التالية قام أندرسون وزملاؤه بعلاج فتاة أخرى تعاني من نقص أدا. وفي مايو ١٩٩٣ ظهرت الفتاتان في مؤتمر صحفي تبادوا عليهما الصحة والسعادة. لقد أكدت العمليتان أن العلاج بالجينات ممكن بعد أن كان يعتبر أمراً مستحيلاً.

والعلاج بالجينات ليس مجرد علاج لضحايا المائتي مرض أو نحوها من أمراض الجين الواحد - وإن كان في هذا وحده ما يكفي. وهو يعدُّ بأن يصبح وسيلة مألوفة للعلاج، ليس فقط للأمراض الوراثية كالتليف الكيسي، وإنما أيضاً لأمراض أخرى مثل بعض أنواع السرطان. في أواخر عام ١٩٩٤ أجرى فريق في ماساتشوستس أول "عملية مجازة" وراثية - وذلك بحقن جينات في عضلات ساق رجل كان يواجه احتمال بترها بسبب انسداد في أحد الشرايين. حُقِنَ إذن جين يُشَفِّرُ لإنتاج مادة تسمى "عامل نمو بطانة الأوعية الدموية" (ع ن ب أ د)، وهذا يشجع ترعم أوعية جديدة من الشريان. تستخدم بعض الأورام هذه المادة في تنمية أوعية دموية جديدة لتوفر لنفسها الغذاء، كما تستخدمه الأجنة في بناء الأوعية الدموية؛ لو أنبت هذا النوع من العلاج نجاحاً، فسيكون هو الآخر ثورة جديدة - هذه المرة في علاج أمراض الأوعية الدموية.

سيأخذ العلاج بالجينات بلا شك مجراه الطبيعي من الأجيال ومن التهذيب. ثم تقدم مرجح يأتي عن التحول: من العلاج "في الأنبوب" الذي تؤخذ فيه الخلايا من الجسم ثم تُعامل وراثياً لتُعاد ثانية، إلى علاج "في الحى" نوعي النسيج، تولج فيه الجينات السليمة مباشرة إلى خلايا المريض؛ ومن العلاجات التي يلزم أن تُكرر إلى علاجات توفر الشفاء على مدى العمر. أما التحول الأكبر، الذي يثير الآن بالفعل الكثير من الجدل السياسي والعلمي، فسيكون هو الوثبة من العلاج الجسدي - حيث التأثيرات لا تورث - إلى علاج الخط الجرثومي، الذي تحور فيه الجينات بالخلايا التناسلية.

ثم طريقة تسمى "تكنولوجيا التعطيل" تمنح مدخلاً آخر إلى العلاج بالجينات، واسمها لا شك سيسعد كارهي البيوتكنولوجيا - وهذه طريقة لإيقاف عمل الجين فلا ينفذ المهمة التي يقوم بها طبيعياً؛ الطريقة بشكل ما عكس التطعيم الجيني. وهذا المدخل معروف جيداً في الأغذية النباتية: فإيقاف عمل الجين الذي يُنتج عامل الإنضاج في نبات الطماطم يتسبب في إطالة عمر الثمار على الرف معروضة للبيع - وربما أيضاً ثمار فواكه وخضروات أخرى. لكن قد تجوز نفس الخدعة أيضاً على خلية منجالية تنتج بروتينا مدمراً في جسم الإنسان. فكل الأمراض هي في أساسها أنشطة لجزيئات بروتين خبيث، يقاومها الجسم بإنتاج أجسام مضادة ترتبط بها وتمنعها من العمل. يقوم الطب عادة، لمهاجمة المرض، باستخدام عقاقير تؤدي تقريباً نفس فعل الأجسام المضادة، لكن هذه العقاقير قد تهاجم أيضاً بروتينات أخرى لتسبب آثاراً جانبية غير مرغوبة. يهتمك الكثير من الباحثين الآن في محاولة لتصميم جزيئات تعطيل قد تصبح هي الأسلحة الفضيحة ضد أمراض مثل ملاريا المربس الفيروسي، أو قد تستعمل كعلاج لإيقاف انتشار الخلايا المسببة لتصلب الشرايين على الجدران الداخلية للأوعية الدموية، وفي عملهم هذا يراقب الباحثون آخر الأنباء على جبهة

الجينوم البشري، لأن بياناتها تعتبر مصدراً رئيسياً يجعل لتكنولوجيا التعطيل معنى.

في نفس هذا الوقت يقول رجال علم المناعة إننا على وشك أن نرى الكثير من الفاكسينات الجديدة: ليس فقط فاكسينات ضد أمراض لم يسبق أن كان ثمة تحصين ضدها، وإنما أيضاً طرق جديدة لإدخال الفاكسينات إلى الجسم - كالحبوب ورشاشة الأنف بل وحتى الفاكهة المهندسة بيولوجياً.

ليس بين كل ما ذكرته من التطورات الطبية موضوع واحد لم يوصف بأنه ثوري. ستتطور كل واحدة من هذه الثورات، ثم إن البعض منها - بطرق مختلفة لا يمكن التنبؤ بها - سيلتقي مع تكنولوجيا أخرى مثل الجراحة بالليزر - فإذا ما اهتزت الأرض من تحت الكثير من مجالات الممارسة الطبية - من التشخيص وحتى الجراحة - فلا بد أن يبلغ بنا التحفظ مبلغ الحماسة قبل أن نقول إنَّ لا شيء كثيراً يجري!

## وراثة السلوك:

ثم هناك وراثة السلوك وما نقوله من أن سلوكيات الإنسان تحددها الوراثة. منذ بضعة عقود كانت هذه الوراثة تحظى بسمعة غاية في السوء عندما انقلب الناس ضد العنصرية، والجنسانية، والعلم الرديء القبيح لدى أوائل المتحمسين. أما الآن فنقرأ كل يوم في الأخبار تقارير عن بحوث تكشف عن عوامل وراثية: لمرض الهوس الاكتيابي، وبعض صور الشيزوفرانيا، وإدمان الكحوليات، بل وحتى الشلوذ الجنسي. هذه مادة متفجرة، لأن الجدل حول أسباب مختلف أنواع المرض العقلي والخصائص الشخصية، جدل قديم ومعقد ومرير، وهو يمس المصالح الحيوية ليس فقط للباحثين والمعالجين، وإنما أيضاً للجامعات، ووكالات التمويل، والحكومات، وأولياء أمور بعض مرضى العقل - وبالطبع، مرضى العقل أنفسهم.

كانت المنظور الرئيسية للمعركة بين مجموعتين. هناك في ناحية مَنْ يفضلون "نموذجاً طبيياً" للمرض العقلي يركز على الأسباب الفيزيائية (مثل شواهد اضطراب كيميائي بالمخ) ويبحثون عن علاجات فيزيائية مثل الكيماويات الفعالة نفسياً. وهناك من ناحية أخرى من يؤكد على الأسباب "النفسية الاجتماعية"، كمثال الأحداث التي وقعت في الطفولة، ويؤمنون حقاً ببرامج علاجية تركز على تحديد احترام المريض لذاته ثم مساعدته في بعض الحالات لتطوير مهارات اجتماعية ووظيفية تمكنه من أن يحيا حياة طبيعية نسبياً. ولقد لاحظتُ في السنين الأخيرة زملائي في حركة السيكلوجيا الانسانية وهم يتراجعون: ليس عن قيمهم وإنما عن رفضهم الكامل للتحليل الوراثي.

وهذا لا يعني أن وراثية السلوك لم تُفحص كلياً أو دون نقد. وكما لاحظ في خشونة كاتبٍ بمجلة "نيو ساينس" : "إن فكرة إمكانية رد سلوك الانسان إلى الجينات لم تُفقد تماماً قدرتها على إثارة السخط". إن ما لدينا الآن هو جدل دائم التغير وفي غاية التعقيد عن: أية جينات تلعب أي دور في أي سلوك. وهذه بالطبع ليست مجرد قضية يختص بها العلماء. إنها تتعلق بطريقة تربيته لأطفالنا، وبالطريقة التي يُعاقب بها مرتكبوا الجرائم، وبالكيفية التي تُنفق بها الأموال العامة، وبالوسيلة التي ينظم بها الأبناء عائلاتهم - وهي تؤثر بالطبع أيضاً على ممارسة العلاج السيكلوجي. وهناك الآن حديث بالفعل عن العلاج الوراثي - أولاً بالنسبة لأمراض الجين الواحد المعروفة، مثل مرض هنتجتون، ثم ربما بالنسبة للأمراض الأكثر تعقيداً مثل الهوس الاكتيابي، والألزهايمر.

## الزراعة الحديثة:

يتم الآن بالمكسيك اختبار حقليّ لسلالة بطاطس مقاومة للفيروس. وفيروس البطاطس عدوٌ مدمرٌ قديم لواحد من أهم المحاصيل الغذائية

بالمكسليك: وهو مهم للمزارعين التجاريين وأيضا لفلاحي الكفاف. وإضافة جين واحد إلى البطاطس يضيف مقاومة فعالة ضد الفيروس، وعندئذ يمكن للمزارع التجاري ألا يستخدم المبيدات الكيميائية ضد الحشرات الناقلة للفيروس، أما مزارع الكفاف - وليس بوسعه شراء الكيماويات - فسيرتفع محصوله.

كيف يمكن أن نجعل البطاطس مقاومة للفيروس؟ عن هذا سألت مدير المشروع الدكتور لويس هيرارا إستريلا، فوصف لي الأمر قائلا إنه يشبه صورة ميكروسكوبية لتحديد النمل. باختصار هي أن نولج في البطاطس الجين المتحكم في إنتاج بروتين غلاف الفيروس (الذي يحيط بالدنا الفيروسي). يتضو الفيروس عنه معطفه قبل أن يتحرك ليدخل الكروموزوم بخلية البطاطس. يستطرد الدكتور هيرارا قائلا: "يصل الفيروس إذن إلى درنة البطاطس، يريد أن يجمعها، فيخلع معطفه، ثم تحدث المفاجأة! إذ تلبسه الدرنه المعطف ثانية!"

يتقدم البحث الزراعي بالمعامل بسرعة رهيبه في العالم بأسره - في الجامعات، في شركات الكيماويات والبذور، في معاهد البحوث الحكومية والأهلية. لوزارة الزراعة الأمريكية مشروعها الخاص بالجينوم: دراسة مدتها عشر سنوات على جينات النبات التي تُشغّر لخصائص مثل مقاومة الجفاف والإستغلال الفعال للمواد الغذائية. ثمة شبكة عالمية من بيولوجيي النبات قد انهمكت تُعَرِّطُ وتُسَلِّسُ الجينوم الكامل لنبات زهري هو الخنردل (أرابيدوسيز ثاليانا) - ليس لهذا النبات قيمة اقتصادية لكن العلماء يعتبرونه مرشحا جيدا لإجراء البحوث الأساسية لأن له طاقما من الدنا بسيطا نسبيا. وعلى طول الطريق اكتشف بعض أعضاء هذه المجموعة الجين الذي يجعل إحدى سلالات النبات تنمى بروزات صغيرة تشبه القنبيط بدلا عن الأزهار المعتادة. والمتوقع أن يقوم هذا الكشف إلى سلالات محسنة من القنبيط

التجاري (أحد أقارب الخردل)، بل وربما إلى طاهور كامل من سلالات القنبيط الجديدة.

ومع نمو قاعدة بيانات البحوث على مختلف المحاصيل، تتطور تطبيقات من كل نوع وضرب: جودة أعلى، مقاومة للأمراض والآفات، قدرة أعلى على تحمل الجفاف، حياة أطول للثمار على الرف. ثم إن المقياس الزمني لتربية النبات يتسارع. في مؤتمر عن بيوتكنولوجيا النبات سمعتُ مؤخراً تنبؤاً وثاقاً يقول: إن كل المحاصيل الرئيسية بالعالم ستتحور وراثياً بدرجة أو بأخرى على نهاية هذا القرن. وهذا يعني أن ستطور خلال السنين القليلة القادمة من السلالات الجديدة ما يزيد على كل ما أنتجه المربون منذ عام ١٩٠٠ حتى الآن.

### الصناعات البيولوجية الجديدة:

حدث أول التطبيقات الصناعية للبيوتكنولوجيا في مجال التصنيع الغذائي (أصبح انتاج الرينين عن الدنا المطعوم واسع الانتشار في صناعة الجبن) وفي مجال المستحضرات الصيدلانية. لكن هناك صناعات أخرى - لا تحسبها "بيولوجية" - تستعدهم الإنزيمات كحفازات وكمنظّفات. والأغلب أن ستبدأ في استخدامها صناعات غير هذه كثيرة. تقول مصلحة المعلومات البيوتكنولوجية الأوروبية (في مقال بالرسالة الأخبارية عنوانه "نحو تخضير الزراعة": "الإنزيمات، على عكس الوقود الحفري، يمكن أن تجدد، وهي لا تنضب، وتستطيع بسهولة أن تنفذ تفاعلات كيميائية معقدة على درجة حرارة الغرفة وتحت الضغط الجوي العادي. ثم إن تحسينها ممكن عن طريق هندسة البروتينات، ومن خلال الهندسة الوراثية، هذا بالإضافة إلى أنها متاحة بسعر أرخص نسبياً".

بدأت الحياة تنبض في عدد من الصناعات البيولوجية الجديدة: المعالجة البيولوجية لتلوث البيئة، التعدين البيولوجي، المواد البيولوجية، الطاقة



البيولوجية، الإلكترونيات البيولوجية، ولن يمر وقت طويل حتى يكون لهذه الصناعات الجديدة والعمليات الصناعية أثرها الجوهري على إنتاجية البشر، وعلى التفكير الاقتصادي، وعلى رخاء الكثير من المناطق بالعالم.

### قضية اختفاء الحدود:

سمع كل منا شيئا - طيبا أو كريها - عما يستطيع الناس أن يفعلوه بالبيوتكنولوجيا. يتنبأ المتفائلون بلا كلل بسيناريوهات من الأعاجيب في مستقبلنا، أما كارهو التكنولوجيا فيرسمون بنفس القوة صورا لكوارث بشعة، ويعودون دوريا من قمم الجبال بتعليمات جديدة من الرب عما أراد ولم يرد من البشر أن يفعلوه. في نفس الوقت يفتش المستثمرون، والمتفرجون، في الجرائد عن آخر الأنباء حول البيوتكنولوجيا وعما إذا كانت ناجحة أم خاسرة حيث تهم - أي في سوق المال (البورصة).

كل هذا يتعلق بمنتجات الثورة البيولوجية. وعلى الرغم من أننا ندرك تماما أن الناس يركزون انتباههم على المنتجات الملموسة - الموجود منها في السوق أو ما يُتوقع ظهوره - فإن هذه الطريقة لا تكفي لفهم أي ثورة علمية أو أي تكنولوجيا. وحتى عندما يصل خط بحثي إلى مرحلة إنتاج شيء يمكن منطقيا أن نطلق عليه اسم "ابتكار". فإننا كثيرا ما نجد المبتكرين بلا فكرة واضحة عن طريقة تطبيقه في نهاية المطاف. تردد رجال معامل بيل في التقدم بطلب لتسجيل براءة الليزر لأنهم لم يتصوروا وجود أية علاقة له بالتليفونات، ليتضح أن لليزر استخدامات لا تحُد في غير التليفونات. - في الملاحظة، في القياسات الدقيقة، في البحوث الكيماوية، في الجراحة (حيث قد يحيل المشروط إلى المعاش) - وهو الآن كما نعلم يُنَوَّر صناعة الإلكترونيات، إذ تمسك كابلات الألياف البصرية بزمام الاتصالات حول العالم. اعتقد ماركوني مخترع الراديو أنه (أي الراديو) قد يكون مفيدا كبديل للتليفون في "البث الضيق"، مثلا كالاتصالات بين السفينة

والشاطيء. ولقد تطلب الأمر أناساً مثل دافيد سارنوف - ذلك المقاول غير المثقف، الذي ظهر مؤخراً - حتى تتطور صناعة تقوم الآن بدورها في تحويل العالم. ثمة مثال كلاسيكي يأتي عن شركة آي بي إم - حتى عندما كانت تصنع الكمبيوتر بنجاح وتبيعه - التي لم تخمن السوق الهائلة التي ستظهر في النهاية للكمبيوتر الشخصي كذلك الذي أستخدمه الآن في كتابة هذا المؤلف (في صورته الهجينة ككمبيوتر وآلة كتابة).

وغمضي القائمة: تجدد المعرفة طريقها حول العالم بطرق لا يمكن التنبؤ بها، وتنضم تكنولوجيات جديدة إلى أخرى قديمة (أو إلى أخرى جديدة)، تبرز ابتكارات تثير دهشة حتى المبتكرين واسعي الخيال. وستكرر هذه العملية نفسها حتماً المرة بعد المرة مع تحركنا نحو عصر اليومعلومات. أما ما لا يعرفه معظم الناس فهو أنه لم يعد هناك حدود واضحة حقاً بين البيوتكنولوجيا والبيولوجيا الصريحة. فعلى سبيل المثال، تطبق الآن المناهج والمعارف البيوتكنولوجية في تحديد هوية صفات وراثية بالنبات، ثم تطوّر من خلال التربية "التقليدية". إننا نتعامل مع مدى عريض من معارف جديدة، وتفهم جديد، وسبل جديدة للعمل، عبر كل علوم الحياة.

وعلى هذا، فعلى الرغم من أننا نشير دائماً إلى البيوتكنولوجيا بلفظة "هي" - كما فعلتُ حتى الآن وكما قد يزل قلبي وأفعل ثانية - فليس هنالك في الحق مثل هذا الشيء الذي يمكن لضمير صغير كهذا أن يحدده بدقة. إن "هي" ليست إلا كثرة من معلومات جديدة عن معلومات وراثية وعن الطريقة التي بها تعمل. إن "هي" ليست تكنولوجية واحدة، وإنما قائمة تتزايد من التكنولوجيات: الدنا للمطعم، الأجسام المضادة النقية، مسابر الدنا، تفاعل البوليميرز المتسلسل، هندسة البروتين، تكنولوجيات التعطيل، زراعة الخلايا والأنسجة. تُستخدم هذه التقنيات، والتنويعات عليها، في المعامل على طول العالم وعرضه. ومع ازدياد انتشار المعلومات تغدو الحدود أقل وضوحاً.

إن ما لدينا إذن -وما سيكون لدينا في الزمن القريب الآتي- هو تنقيح مستمر لظروف الحياة وإمكانياتها. ستُعاد كتابة قواعد اللعبة، وتُمزق، ثم تعاد كتابتها مرات ومرات.

ومع بزوغ إمكانيات جديدة، يواجه الأفراد باختيارات شخصية جديدة. وتواجه المجتمعات - ومنها المجتمع الكرّضي الذي بدأ يكشف نفسه الآن - بمشاكل جديدة في الحكم والعدالة. عادت الحياة إلى المحاورات الأخلاقية. أصبحت الأخلاقيات البيولوجية صناعة أخرى تنمو، وهناك الآن الكثيرون يتفحصون في حمية إرثنا من القيم الاجتماعية والدينية، يبحثون عن أدلة إلى أرض جديدة غير مألوفة. ليست هناك مجموعة من المذاهب تكفي تماماً لهذه البيئة المتغيرة من المعلومات. علينا أن نكتشف طريقنا إليها.

وعلى طول هذا الطريق يتغير التفكير الاقتصادي هو الآخر، ففي مجتمع اليوم معلومات تتحول المعلومات الوراثية ومعها النوع الجديد من المعلومات الذي نسميه البيوتكنولوجيا، لتصبح الموارد الأساسية للعالم. تقوم المعلومات بإعادة ترتيب الهراركية الكاملة للقيم الاقتصادية والسياسية، لأن المعلومات نوع من الموارد مختلف جذرياً.

سأوسع في هذا. في فصول قادمة، لأبين أن إعادة الترتيب قد بدأت فعلاً، لكن دعنا أولاً ننظر إلى نوع آخر من المعلومات، وإلى صورة مختلفة لما يجري الآن بهذا العالم: الصورة الكبرى .



## الفصل الثالث

### البيوإلكترونيات العظمى:

### شبكة العالم أجمع

كل حقيقة يمكن أن تُصاغ رقمياً، تُصاغ. كل قياس لنشاط بشري جمعي يمكن أن يُنقل، يُنقل. كل أثر لحياة فرد يمكن أن يُحوّل إلى رقم ويُرسَل عبر سلك، يُحوّل ويُرسَل. يصبح هذا الكوكب، وقد ربطته الأسلاك، سيلاً من كِبشرات ضعيفة تدور في قوقعة صافية من ألياف زجاجية، قواعد معلومات وأجهزة إدخال.

- كيفين كيلي

أصبحت المحجرة، لا الاستقرار في مكان واحد، هي المعيار.

- ليليان تريجر

الصورة التي التقطت لكوكب الأرض من الفضاء هي إحدى أكثر الصور الفوتوغرافية في العالم نسخاً. تجدها تتألق على عدد لا حصر له من أغلفة الكتب والملصقات والقمصان. لقد أصبحت جزءاً حياً من الوعي الجماعي، ومنحت "النظرة العالمية" معنى جديداً. هي تذكرنا بأننا جميعاً نحيا فوق نفس الكوكب، وبأن الحضارة الكُرْضية هي أكثر من مجرد حلم لشخص مثالي.

الصورة الفوتوغرافية جزء فعال من المعلومات البصرية، هذا صحيح، لكنها في الوقت نفسه مضللة؛ فهي برغم كل شيء صورة "ساكنة". هي لا

تبين أن العالم يتغير، والتغير هو الجزء المثير حقاً - الجزء الذي بدونهُ لا تكتمل أية نظرية عالمية.

الكرة الأرضية يعترضها الآن شيء كالطفرات، ثمة شبكة تنمو تفوق الخيال، شبكة من نُظُم جديدة للمعلومات والاتصالات - أسلاك وكابلات من الألياف البصرية تمتد وتتصل، رسائل من أبراج وأقمار صناعية تمر وترتد، أناس يشترون الملايين من أجهزة التلفون والراديو والكمبيوتر وغيرها من النُظُم الالكترونية. وهذه العملية - (السَّيِّرة)، كما أسماها رونالد ميكاتيل - تغير الطريقة التي يعمل بها العالم إذ تُخلَق روابط بين النظم الايكولوجية - مجتمعات جديدة تماماً، وضروبٌ جديدة من المجتمعات لا تقيدُها الجغرافيا. وهي تغير العلاقة ما بين جنس البشر وبين كوكب الأرض إذ توفر للناس وصلة جديدة تنقل لهم المعلومات عما يحدث بالعالم. إن في مقدورنا الآن أن نفهم - بل إننا نُجبر على أن نفهم - عالماً ضحراً مضطرباً مبدعاً - عالماً قد تغير كثيراً عما كان قبلاً، ويتغير الآن بطرق خاصة بصورة لم يسبق لها مثيل.

في الوقت الذي يبرز فيه علم وراثه جديد، هناك علم حديد آخر يظهر، علم الإيكولوجيا الكرضية. وبسبب ما قمنا به في الماضي من تقسيم للمعرفة إلى فئات مستقلة، يؤخذ هذان على أنهما تطوران مختلفان تماماً - لكنهما ليسا كذلك حقاً. إن الميكروبيولوجيا والماكروإيكولوجيا كليهما من علوم الحياة، وكلاهما تحولت الثورة المعلوماتية، وكلاهما يشترك في إبداع عالم جديد.

والعالم الجديد عالم متحرك، من نواحي عديدة. تتدفق الرموز من كل نوع - البيانات، نشرات الأنباء، الحفلات، الأفكار، الأزياء الثقافية - تتدفق بسرعة غير مسبوقه وحجم لم يكن له من قبل مثيل. تتحرك المعلومات، يتحرك الناس، تتحرك الحيوانات، تتحرك الكائنات الدقيقة. بل

وتتحرك النباتات؛ أصبحت حديقة المنزل العادية الآن مجموعة من نباتات دخيلة. ليلاً ونهار تنزلق الأقمار الصناعية في صمت، لتلعب في حياة البشر دوراً أكبر مما يدركه مُعْظَمُنَا.

## أدوات جايا:

أصبحت الأقمار الصناعية هي العُمل العجائب في حشد المعلومات البيئي الحالي، ثم إنها تتطور أيضاً - لتصبح أكثر صقلًا، وأوثق ارتباطًا، وأكثر أهمية لمستقبل البشرية ولكل الحياة على الأرض.

في عام ١٩٥٥ كان الرمز الذي أقره القادة "للمشروع الدولي الجيوفيزيقي" - أول مشروع منسق لدراسة كوكبنا - هو صورة لكوكب الأرض وقد طوقه قمر صناعي يدور في فلكه. كان هذا اللوجو أملاً يفوق الخيال. لم يكن ثمة قمر صناعي قد أُطلق. لكن العلماء كانوا يتوقعون أن تُطلق الأقمار عاجلاً أو آجلاً، وأنها ستلعب في النهاية دوراً في أبحاثهم. كيف لهم أن يتوقعوا أن يُطلق في السنين الخمس والثلاثين التالية ٢٠٠٠ قمر صناعي؟

عشرون ألفاً! البعض منها قد عاد، بالطبع، محترقاً إلى الغلاف الجوي، والبعض الآخر قد أنهى مهمته ولا يزال هناك يهيم دون ما عمل يؤديه. لكنك ستجد في كل وقت آلافها منها تؤدي في حمة مهماتها. الكثير منها يراقب البيئة، ويتعقب العواصف حول العالم، يلاحظ صحة الكساء الأخضر، يراقب هجرات الحيوانات البرية، يسجل اتساع وتقليص الصحاري والغابات، يقيس حرارة المحيطات. وغيرها يعمل كأجزاء من نظم المعلومات التي تربط المعامل وقواعد المعلومات والباحثين حيثما كانوا.

لم يسبق للعالم أن عُرِطَ هكذا في غير هواة ولا وُضع هكذا قيد المراقبة. لم يسبق أن كان مثل هذا الفيض من البيانات يغمرنا ويعرفنا عن

صحة المحيط الحيوي. هذا جزء من الكيفية التي تتحول بها لتصبح ضرباً مختلفاً من البشر ولتصبح الكرة الأرضية عالماً مختلفاً.

كتب لويس توماس يقول: "كنت أحاول أن أتصور الأرض ضرباً من الكائنات، لكنني لم أُنجح. لا أستطيع أن أتخيلها هكذا. إنها كبيرة للغاية، ومعقدة للغاية، وبها أجزاء عاملة كثيرة للغاية تفتقر إلى روابط مرئية. تأملتُ في هذا ذات ليلة كنت أقود فيها سيارتي بمنطقة يجنوب نيوإنجلند كثيرة التلال تكتنفها الأشجار. إذا لم تكن الأرض كائناً حياً، فماذا تشبه؟ ما هو أقرب شيء يمكننا أن نشبهها به؟ وتوصلتُ إلى إجابة أرضتني آنذاك. إنها أكثر ما تكون شبيهاً بخلية مفردة".

لا يفيد حقاً أن ننحى التشبيهات جانباً، لاسيما إذا كان مَنْ صَقَلَهَا مراقباً بيولوجياً في مثل قامة الدكتور توماس. غير أنني أمضي أحياناً إلى جبال سيرا لأضطجع بالليل في كيس نوم أرقب بحوم السماء، لاكتشف أن الكثير منها أقمار صناعية. أفكر في معنى العشرين ألفاً من الأجهزة الصغيرة الفاتنة التي أطلقت لتبحر في صمت عبر الفضاء، وأقول إن كل ما يمكن أن يحيط نفسه بمثل هذه التكنولوجيا بحثاً عن المعلومات لا بد أن يكون خلية فائقة معقدة. كلا، الأرض التي نحيا عليها الآن شيء آخر، شيء ليس لدينا كلمة يمكنها أن تصفه، شيء يجمل عن كل تشبيهاتنا واستعاراتنا.

والأقمار الصناعية ليست سوى جزء من تكنولوجيا معلومات بيئية تتطور بسرعة. تعتمد إدارة الحياة البرية على أجهزة إرسال لاسلكية يحملها أي شيء، بدءاً من طير مهاجر وحتى حيوان رنة يرعى. وهناك أيضاً آلات جديدة في مثل هذه البراعة تستعمل في مهام مثل أخذ عينات الرنة وقياس تلوث الهواء. ثم مسحة من السخيرية أن تنتهي حماية الطبيعة إلى استخدام آلات إلكترونية غاية في التعقيد. لكن هذا بالضبط هو ما يحدث.



## عصر الخريطة الذكية:

ظهرت مقالة بحملة "الأرض" تقول: إن نماذج الكمبيوتر تُتَوَّر العالم". لم تعد هذه الحملة الآن الخَيْرَ المثير، لكن المقال يتصل بوجه من أوجه ثورة النمذجة التي كثيرا ما يُنَحَس حقها أو يساء فهمها: أهميتها المتزايدة في دراسات الكرة الأرضية. إن النمذجة بالكمبيوتر التي يقوم بها العلماء على سطح الأرض هي ما ينفخ الروح في البيانات التي تجمعها الأقمار الصناعية في أفلاكها. وربما كانت محاكاة المناخ هي أشهر منتجات هذه التكنولوجيا - أنت تراها على شاشة التلفزيون كل مساء عندما يظهر صديقك رجل الأرضاد ويحكى لك عن توقعاته للجو غدا - لكن نماذج نُظُم المحيط لا تقل عن هذا أهمية، وكذلك أيضا تلك النظم التي تحاكي الدمدمة والتدفق العميق تحت سطح الكوكب. وهذه النماذج لا تكون أبداً مضبوطة في الوصف أو في التنبؤ (كل المعلومات ناقصة - كما سنبين في الفصل التالي) لكننا نستطيع دائما أن نهذبها. إنها (كما وصفتها نفس المقالة) "موسوعات دينامية إلكترونية يمكن بسهولة أن تُحدَّث مع كل كشف جديد".

أفضّل أن اعتبرها خرائط ذكية. فالخريطة - كما أشار منذ عقود ألفريد كورزييسكي، عالِم دلالات الألفاظ - ليست هي الأقاليم والأصقاع، ويظل هذا صحيحاً حتى لو رَسَم شخص يوماً خريطة كتلك التي وصفها جورج لويس بورجيس في خرافته العجيبة - خريطة من الضخامة والتفصيل حتى لتصبح نسخة مضبوطة للمملكة المقصودة. لكن نماذج الكمبيوتر تُمكننا من أن نرى الأصقاع والأقاليم كما لم يرها أحد قبلاً - أن نختلس النظر إلى عمليات الحياة بها، وأن نشهدها تتغير، وأن نتصور مستقبلها. إنها تقوم بحمة لم يسبق أن قامت بها خريطة - هي لا توضح الموقع فقط، وإنما أيضا ماذا يجري به.

وما يحدث في هذا المجال يشبه كثيرا ما يحدث في عالم الطب. من المستحيل أن تفوتنا ملاحظة التشابه بين العلم الجديد للخرطنة وغمذجة المحيط الحيوي، وعلم خرطنة جسم الانسان وغمذجته. ثمة طريقة تُستخدم في الحصول على البيانات اللازمة لنماذج قشرة الأرض هي في أساسها كالمسح المقطعي - أما الفارق فهو الموجات السيزمية بدلاً من الأشعة السينية: تسافر الأمواج خلال الكوكب، فتتباين سرعتها في الرقع الساخنة عنها في الرقع الباردة من الصخر بعيدا عن سطح الأرض.

### المواطن من سكان الأرض:

ثمة تطور حديث جدا قد وقع في حبكة رواية تطور الانسان، إذ بدأ الناس يتنبهون إلى تعداد سكان العالم ومعدل الزيادة فيه، ثم بدأوا ينزعجون. نشر الكاهن توماس مالتوس مقاله المشهور عن "مبدأ السكان" عام ١٧٩٨، وأصبح تزايد السكان موضوع جدل عام ومحدود في القرن التاسع عشر. ومنذ ذلك التاريخ أخذ عدد السكان في التزايد، ومثله أيضا علم الدراسات الاحصائية للسكان (الديموغرافيا). سنجد الآن معاهد للديموغرافيا ومجلات وأقسام بالجامعات. أصبحت الديموغرافيا علما للبيومعلومات، وبلا منازع. تُنشر أعداد السكان في كتب جميلة مصورة تحمل خرائط بيانية تبين أي الدول هي الأكثر ازدهاما بالسكان. لم يعد في إمكان أي شركة أو وكالة عامة أن تؤدي عملها دون إسقاطات سكانية - توضع عادة في سيناريوهات متعددة، تراجع بصفة مستمرة لاضافة ما يستجد من معلومات. توزع المنظمات السكانية كل أنواع المواد المتعلقة بالديموغرافيا: وصلني اليوم بالبريد من منظمة سكان دولية عرض لكتيب عن الموارد المائية (باستخدام توقعات الزيادة السكانية في تقدير المتاح للفرد من الماء العذب حتى عام ٢٠٥٠)، وكذا تقرير آخر رُتبت فيه الدول حسب المتاح للفرد فيها من الأراضي المنزرعة. إن الدراسات الديموغرافية هي

القلب من الماكروإيكولوجيا، لأن التغيرات البعيدة المدى بالعالم ليست سوى منتجات التشايط البشرى - معتمداً كان أو عَرَضياً..

تتحرك الديموغرافيا الآن نحو مرحلة تحول - ليس تحولاً عن المثال بقدر ما هو تغير في التوكيد. لقد غدا واضحاً للديموغرافيين، ولكل النشطاء السياسيين والموظفين العموميين وغيرهم من المهتمين بالمعلومات الديموغرافية، أن هناك "مشكلتين سكانيتين"، إحداهما هي مشكلة التزايد السكاني، نفس المشكلة التي شغلت الناس من أيام مالتوس وحتى أيام بول إيرليش مؤلف كتاب "القبلة السكانية"، أما الأخرى فهي مشكلة الهجرة.

ثمة حقيقة ديموغرافية مثيرة تميز عصرنا هذا وهي أننا نعيش في غمرة أكبر هجرة جماعية في التاريخ. يتحرك الآن أناس أكثر من أي وقت مضى - سائحون، رجال أعمال، لاجئون، مهاجرون شرعيون وغير شرعيين. يتحركون داخل بلادهم، ومن قطر إلى آخر، وبأساليب عديدة عمرة - في دوائر من الريف إلى الحضر، من الريف إلى الريف، من الحضر إلى الحضر، من الحضر إلى الريف - أساليب يكاد يكون من المستحيل أن توضع في صورة خريطة ذات يدين. يحدث في أثناء ذلك بالعالم تغير هائل لا نلاحظه إلا قليلاً: فالأغلب أن نجد في أي منطقة أو مجتمع أن عدد من هاجر من الناس في وقت ما من حياتهم، يفوق عدد من لم يهاجر. سمعت مؤخراً عالمة ديموغرافية تلخص هذا: "لقد أصبحت الهجرة، لا الاستقرار في مكان واحد هي المعيار". نبّهت أيضاً إلى أنه من السهل على المهاجرين في عصر المعلومات أن يحافظوا على ارتباطاتهم بالناس والمكان، المهاجرون يتلفنون عائلاتهم، يرسلون المال إلى أهلهم، يعودون في زيارة أو للتقاعد. وتكنولوجيا المعلومات تخلق أنواعاً جديدة تماماً من الروابط، بكتلك التحالفات الكمبيوترية بين من يحيا الآن من النيجيريين أو البرازيليين في مناطق أخرى من العالم. أعلنت هذه العالمة الديموغرافية "أن ما يحدث الآن نتيجة لكل أشكال الهجرة هو "تعدد الموقع". لم يعد الأفراد والعائلات

والمجتمعات يتحذرون في مكان واحد، ولم يعودوا بلا مكان، فللناس ارتباطات متعددة بأماكن متعددة".

وهذا في حد ذاته تطور مشهود، ولكن علينا أن ندفعه خطوة إلى الأمام وأن ندرك أن الناس لا يرتبطون فقط بأماكن متعددة، وإنما يرتبطون أيضاً بالعالم بأسره - ارتباطات تتزايد تماسكا ووضوحا. إننا نخبر الآن ثورة اتساع الحدود - عادة بلا مجهود متعمد، ودون وعي ذاتي، ودون أن نلاحظ - فالناس يعدلون فهمهم للمكان الاجتماعي والجغرافي، ويصبحون أجزاء من وحدة أكبر. وقد ينتج عن هذا تحرك فيزيقي واقعي، وقد لا ينتج. تقوم وسائل إعلام الأخبار واللهو بتعريف الناس وشغلهم بالوقائع البعيدة، كما تركز كل ضروب الحقائق والخيال. تمتد مختلف عمليات ونظم التكريض - الاقتصادية والثقافية والسياسية - لتلمس الناس حتى في أماكنهم النائية، وتجتذبهم إلى علاقات جديدة.

لأول مرة في تاريخ البشرية بدأ كل فرد منا يحيا في العالم بأسره.

البعض منا أكثر كُرْضِيَّةً من غيره، بالطبع. والبعض يستوعب الوضع الجديد، والبعض يقاومه في عنف - لكن العالم، عاجلا أو آجلا، سيجد سبيله إلينا جميعا. إن المواطنة الكُرْضِيَّة، التي كانت يوماً مطمحاً تجريدياً لقلّة من المثاليين، قد أصبحت الآن واقعا مألوفاً في حياة كل فرد.

### غيرنا من ساكني الأرض:

ليس الناس وحدهم هم المسافرون في عالمنا. صور من الحياة من كل صنف وحجم تسافر أيضاً: حيوانات ألفية وأخرى لخدائق الحيوان، أسماك استوائية، نباتات زينة، عينات للأبحاث، بذور للزراعة، حيوانات منوية مجمدة لطلائق، أجنة مجمدة تخص مربّي الحيوان، نَحْل قاتل يهاجر شمالاً، حشرات داخل قواكه مشحونة، وفيروسات ويكتريا داخل البشر.

هناك تكريض اقتصادي، وتكريض ثقافي، وتكريض سياسي - وهناك أيضا تكريض بيولوجي، صحيح أنه هو الأقل لفتا للنظر، لكنه ربما كان الأقوى.

إننا نحيا في خضم أكبر حركة كرضية للنباتات والحيوانات والحشرات والكائنات الدقيقة، حركة لم يسبق أن كان لها نظير في التاريخ البشري. ومع هذه الحركة تتحول النظم الإيكولوجية في ربوع العالم، لاسيما منها الأكثر انفتاحاً، لتصبح إذ تعج بالمهاجرين "متعددة الثقافات" كالأمم والمدن. ومثلما يتطور علم الديموغرافيا نحو التأكيد على العشائر وهي تتحرك، سنجد أيضاً أن علوم النبات وبيولوجيا الحياة والميكروبيولوجيا تطور حساسية جديدة نحو ظاهرة النباتات والحيوانات والكائنات الدقيقة إذ تتبادل المواقع حول العالم. تصلنا معلومات عن حقائق كهذه:

• بالصدفة دخل الثعبان الميلاني البني الليلي إلى جوام أثناء الحرب العالمية الثانية، ولم يكن بها قبلاً أية ثعابين. انتشر هذا الثعبان البني في جوام حتى ليبلغ تعداده نحو ١٢ ألفاً في الميل المربع، وانقرضت بسببه ثمانية أنواع من الطيور المحلية.

• تقول مصلحة الأسماك والحياة البرية بالولايات المتحدة إن سلحفاة الصندوق الأمريكية - المعروفة كحيوان منزلي أنيس بأوروبا - تُصدّر الآن بمعدل ٢٥٠٠٠ - ٣٠٠٠٠ فرد في العام.

• ابتليت ولاية فلوريدا بغزو من أنواع عديدة من بينها ثعابين الأمازون، وسحالي جنوب أمريكا، وبغوض النمر الآسيوي. ثمة نبات زينة استرالي اسمه ميلالوكا ككنفيريا قد ضُيق على النباتات المحلية، وشكّل جزراً اصطناعية وجفف المستنقعات. تحرق مادته الصمغية بسهولة لتغذي وهج المستنقعات. أما الهادريل، التي استوردت من سري لانكا لتستخدم في

الأحواض المائية، فقد تَغَيَّلَتْ لتغطي أكثر من ٤٠٪ من أنهار الولاية وبحيراتها.

كلنا يعرف بعض أجزاء من التكريض البيولوجي. تناضل الحكومات المحلية والوكالات الدولية بثبات لتنظيم حركة الكائنات المتحولة أو السيطرة عليها. تزعمنا كثيرا في كاليفورنيا ذبابة البحر الأبيض التي تضع بيضها فوق ثمار الموالح، ثم تحفر اليرقات أنفاقا لها إلى داخل الثمرة وتسبب أذى خطيرا. طبيعي أن يعتبر المزارعون هذه الذبابة كائنا دغيملا كريها، لكن ذبابة الفاكهة تحس بأنها نغيا هنا في موطنها، ولها الحق فالولاية تمتليء بأشجار فاكهة البحر المتوسط. ولقد أصيب العديد من أنواع الأشجار المحلية أيضا - الكستناء، والدردار والصنوبر الأحمر - بأضرار بالغة من جراء حشرة دغيلة وآفات وفطريات، وتُبذل الآن جهود ضخمة لحمايتها - بدءاً من تصميم فيروسات مُهندَسة وراثيا تهاجم الفطريات، وحتى تربية جيل جديد من الكستناء الأمريكي يحمل جينا للمقاومة منقولاً من نوع صيني وثيق القرابة. أما الوقاية البيولوجية من الآفات - التي يفضلها البيوميون - فتميل إلى تركية التكريض البيولوجي. في شمال كاليفورنيا سنجد نصبا تذكاريًا لخنفساء - لاشك أن قد كانت غير كل الخنافس! والنصب أقيم لتخليد حشرة من آكلات أوراق النبات، تم استيرادها بعد تنقيبها بالعالم كله، وأطلقت فأنهت مشكلة كان سببها عشب أوروبسي ضمار (حشيشة سانت جونز) يسمم الأغنام والأبقار التي ترعى.

هذا هو العالم الذي نغيا به - الكرة الأرضية، كرة المسافرين البيولوجيين. معظمنا لا يعرف تماماً. أننا نغيا بعالم كهذا - ليس ثمة صورة فوتوغرافية واحدة تنقل إلينا هذه الرسالة في لحظة واحدة. ولقد تتمكن - إلى حد ما - من بعض عناصر عملية التكريض البيولوجية، نتمكن منها أو نتحكم فيها، لكن العملية الكبرى تمضي ولا رجعة فيها. إنها تخلق واقعا بيولوجيا مختلفا، ولن نعود أبداً إلى العالم الذي كان.

إذا وضعنا التركيز البيولوجي بهذه الصورة فسيبدو أنه مجرد مشكلة، بل ومشكلة بلا حل. لكن هناك بعداً آخر له: تكريس الموارد البيولوجية في بنوك الجينات - وعلى الرغم من أنه مُشكّل من نواحي عديدة، إلا أنه في نفس الوقت إحدى أعاجيب مجتمع اليوم معلومات الذي ينشأ الآن.

### الذهب الجديد وفورت نوكس الجديدة:

أصبحت الشبكة العالمية لبنوك الجينات بالفعل أساسية لمنظومة إنتاج الغذاء العالمية، والمُقَدَّر أن تغدو في المستقبل القريب مورداً كرضياً آمناً مما في الحسبان.

أما أسلاف الشبكة الحديثة لصناعة بنوك الجينات فهي متزهات الملوك والأباطرة، التي كثيراً ما كانت تُزرع بالنباتات النادرة الرائعة المجلوبة من بلاد بعيدة، وكذا أيضاً "الخدائق الطبية" - ومنها واحدة أنشئت بالصين عام ٢٨٠٠ ق.م - التي جمعت أعشاباً عُرفت بقيمتها في علاج أمراض الإنسان. ولعل أشهر الخدائق النباتية - بل وربما أكثرها اتساعاً - هي الحديقة النباتية الملكية في كيو - إحدى ضواحي لندن - التي أقيمت في أواسط القرن الثامن عشر وتحمل الآن نحو ٥٠٠٠٠ نوع من النباتات - نباتات زينة ونباتات طبية، وأقارب برية لنباتات المحاصيل. ولقد كان هناك دائماً بعداً كرضياً لمثل هذا التجميع، لأن السبب الأساسي لإنشاء أمثال هذه الحديقة هو توسيع نطاق النباتات المتاحة لاستعمال الحاكم أو رعاياه، وبذا فقد كان المتوقع أن يعود المستكشفون وقباطنة البحار بنباتات جديدة للزينة وربما أيضاً بنباتات اقتصادية. ثم إن سهولة جمع العينات قد أدت إلى سوق لتجارة العينات، وبذا يصبح كل نبات نافع ذي قيمة خاصة - مثل الأرز - مؤمناً عالمياً إذا كان له من القدرة ما يكفي لتحمل الحياة في تربة جديدة ومناخ جديد.

هناك الآن لَتَبْيُكُ الجينات ما هو أكثر من مجرد تجميع العينات، تماما مثلما يكون عمل البنوك المالية أكثر من مجرد تخزين الأموال. لقد أصبحت بنوك الجينات برنابجا للتأمين ضد ضياع التنوع الوراثي، فهذا التنوع يختفي بسرعة في البرية نتيجة لنمو العشيرة البشرية وانتشار الزراعة. لكن هناك الآن بنوكا للجينات على طول العالم وعرضه، البعض منها مكاتب ضخمة للمعلومات الوراثية يحمل أنواعا من أماكن عديدة، والبعض الآخر متخصص في محصول معين - كالأرز - وثمة ما يركز على نباتات المحاصيل الرئيسية التي تهتم الزراعة في بلد بذاته أو منطقة، وهناك منها ما تدعمه الحكومات الوطنية مثل معمل تخزين البنور القومي التابع لوزارة الزراعة الأمريكية، وهناك أيضا ما هو تجميعات خصوصية، ومنها ما يتخذ الجامعات قاعدة له. تنتسب أبرز بنوك الجينات إلى الجماعة الاستشارية لبحوث الزراعة الدولية، وهناك شبكة كرضية أنشئت عام ١٩٧١، وهي تعمل على تبادل المعلومات عبر العالم إذ تربطها التليفونات والبريد الإلكتروني.

والعادة أن يكون بنك الجينات بضعة أشياء في آن. فهو أولا مستودع لتخزين المعلومات الوراثية، وقد تكون في صورة بذور، أو جزازات أو نباتات حية، أو حيوانات حية، أو عينات من أنسجة، أو أجنة مجمدة، أو قطع من الدنا. وهو أيضا مستودع لتخزين البيانات التي دُونها تصبح المعلومات الوراثية قليلة الجدوى. يحتوي بنك الجينات الحسن الإدارة على ملفات هائلة مما يسمى "بيانات جواز السفر" عن كل ما به من إلحاقات - تسجيل لموقع وتاريخ أخذ العينة، ووصف مختصر للنظام الإيكولوجي الذي منه أخذت، بالإضافة إلى أية معلومات علمية إضافية عن خصائصه. يلزم لكل عينة تُخزَن في صورة بذرة أو نسيج أن تزرع على نحو دوري، وأن تُقِيم، وتختبر لمقاومة الأمراض والحشرات. تتكلس البيانات مع الوقت. وبذا تُكْمَرُ بنوك الجينات. ولم يكن هذا دائما بالعملية السهلة - وجدت دراسة



أجريت في الثمانينات ما شئت من صور التنافر في نظم الكمبيوتر، بجانب قدرة محدودة على تبادل المعلومات - لكن كل البنوك الرئيسية مرتبطة الآن ويمكنها أن تتحدث مع بعضها بعضا.

وبنوك الجينات مراكز بحثية أيضا. نشأت الثورة الخضراء عن العمل الذي تم بالمعهد الدولي لبحوث الأرز في الفلبين، والمستودع الذهني "للمقح والذرة" بمركز السيميت في المكسيك. والعادة أن تتيح كل بنوك الجينات البذور والجزازات لكل عالم حقيقي يطلبها.

والأخبار الطيبة عن بنوك الجينات هي أنها تكون على الأغلب فعالة للغاية في تحسين محاصيل الغذاء وفي مساعدة المزارعين في الإبلال من الكوارث. أما الأخبار المزعجة فهي أنها ليست مستعدة على الإطلاق لتحمل مسئوليتها الكرضية. دعنا نفحص الأخبار الطيبة أولا.

يتخصص المعهد الدولي لبحوث المحاصيل بالمناطق شبه الجافة (إكربسات) في محاصيل الغذاء بالمناطق الحارة الجافة الموجودة بالكثير من الدول النامية بأفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية - وهذه عموماً ليست بأفضل مزارع العالم، ولكنها موطن الكثير من الشعوب - إذ يقطنها نحو سُلُس سكان العالم، وهي تشكيلة من أغذية مثل الذرة العويجة والدخن اللؤلؤي. بدأ معهد الإكربسات، ومعه مركز بحوث آخر في سوريا، في الاهتمام بإنتاج حُمص أفضل، والحمص واحد من أهم محاصيل الغذاء في هذه المناطق الجافة، وهو أيضا محصول كثيرا ما يفشل، فلقد جرى العرف على أن يزرع هذا النبات في الربيع ليحصد في الخريف، الأمر الذي يعرضه لحرارة الصيف الشديدة التي عادة ما تكون مهلكة. لو أمكن استنباط سلالة تزرع في فصل الشتاء، فالأرجح أن ترتفع الإنتاجية.

مضى الباحثون إذن إلى العمل يفتشون المكبات الوراثية، يفرزون آلاف العينات، يهجنون السلالات المعروفة من الحمص بأقاربها البرية، حتى

وصلوا في النهاية إلى قائمة قصيرة من ٤٢ سلالة زراعية أرسلت إلى باحثين آخر في خمس عشرة دولة حيث تُزرع وتُختبر. أتيح ما انتُخب من هذه السلالات للمزارعين في عام ١٩٨٨، وعلى عام ١٩٩٣ كان ثمة ما يقرب من ٩٠٠٠٠ هكتار وقد زرعت بالحمص الشتوي، بزيادة في المحصول بلغت ٦٠٪ وريّح للمزارعين وصل إلى ١٠٠٪.

والجهود - كهذه - الموجهة نحو تربية النبات، هي مشروعات إدارة معلومات. صحيح أنه قد أمكن مراراً في الماضي التوصل إلى نتائج ممتازة عن طريق مُحَرِّبين أفراد يعملون بمناطق جغرافية محدودة، لكن أهم ما هو مطلوب اليوم من فتوحات سيتم على الأغلب من خلال فِرَقَ بحثية دولية يمكنها أن تجمع مجهوداتها، وأن تفتش بكفاءة داخل قدر هائل من المعلومات الوراثية.

ولقد قادت الوقائع المروعة التي حدثت في رواندا بأواسط التسعينات إلى أداء جديد فعال لنظام بنوك الجينات - كان في هذه الحالة بمجهود إنقاذ وراثي.

شاهد العالم بأسره المحزنة التي اندلعت في رواندا عام ١٩٩٤. أدرك وليام سكوكروفت - العالم الاسترالي في وراثية النبات بالمركز الدولي للزراعة الاستوائية في كولومبيا - أدرك من البداية أن الأمر سيفضي أيضاً إلى كارثة زراعية : فصل زراعي ضاع، مزارع نُهيت، ومجتمعات تخطمت. عَرف، وعرف مثله غيره من المجتمع العالمي لبنوك الجينات، أنه حتى لو أمكن استعادة شيء كالسلام هناك، فستكون قاعدة المعارف الزراعية لهذه الدولة وقد فُقدت. لذا حركوا مشروعاً أطلق عليه فيما بعد اسم "بذور الأمل". كان ثمة بنوك جينات متعددة تحمل معلومات عن محاصيل الغذاء الرئيسية لرواندا. معهد إكريسات، المتخصص في المناطق شبه الجافة، يعرف عن القدرة العويجة. مركز السيميت في المكسيك يعرف عن الذرة. المركز

الدولي للبساطاس في بيرو يعرف عن البساطاس. المعهد الدولي للزراعة الاستوائية في نيجيريا يعرف عن الكاسافا. كانت هذه مصادر البيانات. ثمة بنوك جينات أخرى، معظمها أفريقي، تحمل عينات من بذور رواندا المحلية. بُدِيءَ ببرنامج زراعة لبذور رواندا هذه في بورندي وتانزانيا وأوغنده - أمهات بديلات كما أسماها مراسل صحفي، لتحفظ الموارد الوراثية على أهبة الاستعداد، حتى إذا ما مرت رواندا من أزمتها الإنسانية لم تجد أمامها مباشرة أزمة زراعية.

كان هذا مثالا على ما يمكن عمله استجابة لكارثة تدمر الأساس الوراثي لزراعة دولة من الدول، لكنه يتصل أيضا بالأنباء السيئة، فمن المشكوك فيه حقا أن يكون نظام بنوك الجينات قادرا على الاستجابة للكوارث في المستقبل - أو حتى على أن يخرج سليما من كوارث تصيبه هو. وعلى الرغم من أن قادة العالم السياسيين قد بدأوا يكتشفون أن هناك ما يُسمى بالموارد الوراثية، فإن حماية مثل هذه الموارد لا تزال بعيدة في قائمة الأولويات السياسية.

يتباين حجم بنوك الجينات ونوعيتها كثيرا. يحمل بنك فورت كولينز بكلورادو أكبر مخزن أرضي في العالم لحفظ البذور تحت التبريد، لكنه لا يعتبر أفضلها إدارة. يصيب هذا الشرف إما معهد بحوث الأرز (إيري) بالفلبين أو مركز القمح والذرة (سيميت) بالمكسيك. وبعض بنوك الجينات صغير لا يحمل ما يزيد على بضع بذور وبضعة نباتات.

وقواعد البيانات قاصرة إلى حد خطير. يقول أحد التقارير: "من بين مجموعات البلازما الجراثومية العالمية هناك نحو ٦٥٪ لا تتوفر عنها "بيانات جواز السفر"، ويفتقر ما بين ٨٠ - ٩٥٪ منها إلى بيانات الوصف أو بيانات التقييم ... بل وسنجد حتى في بنوك الجينات الحسنة الإدارة أن كثيرا من الجينات الواعدة تظل دون استخدام لأن تقييمها قد تخلف عن

سرعة جمعها. أما بالنسبة لتجميعات الأرز في معهد إيرى فإن ثلاثة أرباعها قد تم تقييمه، أما الرقم النظير بالنسبة لإحاثات البطاطس بالمركز الدولي للبطاطس فهو لا يزيد على ١٠٪ فقط.

ثم هناك أيضا قضية البذور نفسها : ففي أفضل وحدات التخزين طويلا المدى تُحَقِّف البذور جزئيا وتخزن على حرارة أقل من الصفر، حيث تبقى حية لفترة تصل إلى نصف القرن. لكن لابد لهذه البذور - عاجلا أو آجلا - أن تُزْرَع وتُحَدَّد المخزون. غير أن الكثير من تسهيلات تخزين البذور هي أبعد ما تكون عن المثالية. منذ بضع سنين لَخَصَ الميجور م. جودمان أستاذ علم المحاصيل بجامعة نورث كارولينا، لخص هموم الكثيرين من العلماء في قوله: "إن أي نظام من نُظُم البلازما الجرثومية لا يعتبر نظاما على الإطلاق إذا كان لا يفعل أكثر من تجميع المادة، ولم تكن لديه تسهيلات لتقييمها واستخدامها". وقد ذكر أيضا أن بعض التجميعات بالولايات المتحدة وغيرها من بلاد العالم تدخل ضمن هذه اللأ نُظُم، وأضاف: "إنني أؤكد أن بنوك البذور التي تحمل مثل هذه المجموعات ليست في الواقع سوى تلاحات للحث - ما يدخلها لن يخرج حيا".

المفروض أن تكون بنوك الجينات أكثر أمانا من البيئة التي أُخذت منها العينات، لكنها عرضة للعطب بطرق عديدة. فالحبوب قد تتعفن أو تأكلها الفئران أو الحشرات. وأقبية التخزين الباردة قد تتعرض لانقطاع التيار الكهربائي، وزراعة المحاصيل والأشجار قد يتلفها حريق أو عاصفة وقد تتعرض لكوارث مثلما حدث لأحد بنوك الجينات في الصومال عندما اقتحمه الجوعى وأكلوا معظم ما به من بذور. وعلى كل، فإن لجحاح نظام بنوك الجينات في عمله كمورد كرضي - قادر على الاستجابة للكوارث بعيدة المدى والقصيرة الأمد، وقادر على أن يسهم في الاستجابة الزراعية التي تصبح ضرورة إذا ما ارتفعت حرارة جو الكرة الأرضية - هذا النجاح يلزمه أن تحسَّن بطرق عديدة آحاد بنوك الجينات بل والنظام بأكمله. ولابد

أيضا أن يكون من بين ما لديه رصيّد من مجاميع البلازما الجرثومية، وبنوك للبيانات تعضده، حتى لا يتسبب أي حادث محلي مؤسف في خسارة كرضية لا يمكن تعويضها.

وعلى هذا، فهناك الكثير من القلق والجدل يحيط ببنوك الجينات: حول كفاءة النظام وأمانه، حول ما إذا كان التعويض العادل سيُدفع للدول النامية - الفقيرة مالاّ الغنية جينات - التي ستؤخذ منها العينات، حول المستوى المنخفض عموماً من الاهتمام بالموضوع لدى القادة السياسيين ولدى الجماهير، حول أفضل الطرق لحماية البلازما الجرثومية. يفضل المحافظون التأكيد بشدة على الحفظ "في الموقع الأصلي" - نعتي حماية التنوع الوراثي بالحقل، ووقاية النظم الإيكولوجية - وليس على الاستغراق الكلي في الحفظ "خارج الموقع الأصلي" في بنوك الجينات. يقول بيتر رافن، مدير حديقة النباتات بميسوري: "لا بأس بما قد نسميه استراتيجية سفينة نوح، لكنها تهمل الحاجة إلى رعاية مجتمعات النباتات وغيرها عبر العالم كله بطريقة متواصلة بحيث نستطيع يوماً ما أن نستخدم البذور المخزنة بالتبريد، أو أية بقايا من عشائر برية أمكننا انقاذها، وإلا فقد نمضي في حياتنا سعداء ببنوك البذور التي شيدناها في "البدروم" بينما روما - مجازياً - تحترق".

كنت أتحدث أساساً عن تبنيك جينات النباتات وعن مشكلة التآكل الوراثي، الزراعية أصلاً - فقدان التنوع داخل الأنواع - وهي المشكلة التي تنشأ مع تغير النظم الإيكولوجية أو مع تخلي المزارعين عن زراعة الأصناف المحلية والاتجاه إلى السلالات الجديدة مرتفعة الإنتاج. لكن يلزم أيضاً أن ندرك الأهمية القصوى لتبنيك الجينات في الحماية ضد ضياع أنواع نباتية برمتها، وضد فقدان الأنواع والتباينات في الحيوانات، بل وحتى في الكائنات الدقيقة.

إن نفس القوى التي تسببت في تجانس الزراعة بالعالم - التي دُفع فيها المزارعون إلى ترك الأصناف "البلدية" من النباتات - قد تسببت أيضا في أن يهجر الناس سلالاتهم التقليدية من حيوانات المزرعة. تقول نشرة لمنظمة الأغذية والزراعة (الفاو) التابعة للأمم المتحدة: "يستحق التنوع الوراثي بين الحيوانات أن يُحفظ للأجيال القادمة تماما مثل غيره من تجليات تراثنا الثقافي كالفنون والعمارة، فالسلالات المحلية التي طورها المربون عبر المئات أو الآلاف من السنين، في استجابة لظروف التاريخ المتغيرة، هذه السلالات ليست سوى ثمرة لعقيرة الانسان، تماما كأبي عمل في التصوير أو النحت". من هنا أُقيم نظام كرضي يتأمن من بنوك جينات الحيوانات - "في الموقع الأصلي" وخارجه - ومعها قواعد البيانات الملزمة. تُطوّر منظمة "الفاو" الآن برنامجاً كرضيا للموارد الوراثية الحيوانية، له بنوك إقليمية للجينات الحيوانية، وقائمة كرضية للموارد الحيوانية الوراثية، وبنك كرضي للبيانات الوراثية الحيوانية أُقيم في هانوفر بألمانيا.

هناك بعض التشابه بين هذه وبين بنوك الجينات النباتية: فتخزين السائل المنوي والأجنة بالتبريد قد أصبح الآن ممكنا، ومن الممكن أن تخزن البلازما الجرثومية هكذا لبضعة عقود. ثمة مثال رائد لتبنيك الجينات هو "حديقة الحيوانات المحمّدة" في سان دييجو - وهو مركز بحثي ملحق بحديقة الحيوانات ذاتها - التي تضم، بجانب الحيوانات المنوية والأجنة المحمّدة، عينات مجمدة من الأنسجة المأخوذة من الحيوانات النادرة بالحديقة. وقد يصبح ممكنا في المستقبل أن نعيد تشكيل حيوان كامل - على غلط فيلم الحديقة الجوراسية - من بضع خلايا. (بل ويعتقد بعض العلماء أنه قد يصبح من الممكن قريبا أن نعيد تشكيل كائن أبسط كالبكتريا دون خلايا على الإطلاق - تكفي فقط المعلومات عن جينومه المخزنة في ذاكرة الكمبيوتر). في نفس هذا الوقت يمكننا الآن أن نزرع جيننا، قلّ مثلا من غمط لغزال أفريقي مهدد بالفناء، في رحم قريب غمر وثيق، مثل الأيل الأمريكي طويل

الأذنين. تُحفظ الأغنام والماعز والأبقار النادرة، وغير هذه من الحيوانات، في حدائق زراعية رئيسية مثل مزرعة بلاموث بالولايات المتحدة، ومزرعة كوتسول بالملكة المتحدة، كما يربى أيضا مزارعون هواة ومربون من القطاع الخاص. تدعم مقاطعة كيبيك في كندا المزارعين الذين يربون ماشية "الكاناديين" النقية.

يحر الدور الذي تقوم به حديقة الحيوان في مرحلة تحول مع تطور نظام تبنك الجينات، أصبحت بيمات الحدائق الآن أقرب ما تكون إلى المواطن الطبيعية؛ أصبحت بيمات حدائق الحيوان مواطن للأنواع المهددة بالانقراض، وهي تدعم أحيانا أنشطة إنقاذها من خلال برامج التربية في الأسر، ثم إنها تعمل أيضا كمراكز بحثية متعاونة مع مجهودات الحفظ في "الموقع الأصلي". إذا قمت بزيارة مفاجئة للمسؤول عن الحيوانات الثديية في برونكس، فقد تجده جالسا أمام شاشة كمبيوتر يراقب خريطة لأفريقيا تبين - بمساعدة قمر صناعي يدور - تحركات أفيال الغابات في الكاميرون. لقد زودت الأفيال بأجهزة إرسال لاسلكية. يستخدم الإيكولوجيون في برونكس البيانات التي تبثها الأفيال ويلتقطها القمر الصناعي في تعقب حركات القطعان وأنماط سلوكها عن كتب - بشكل لم يسبق أن أتيج لبيولوجي الحياة البرية في الأدغال الكثيفة - ثم يقومون بوضع خطط الحفاظ عليها. وخطط حفظ الحيوانات البرية هي أنشطة مكثفة المعلومات، أما حدائق الحيوان فتتعاون مع مجهودات الحفظ في "الموقع الأصلي"، وذلك بأن توفر لها المعلومات عن الاحتياجات الغذائية للحيوانات وعن سلوكها في التزاوج.

وأخيرا، البكتريا. معظمنا لا يمكنه أن يتخمس لانقاذ الجراثيم من القضاء، لكن لمة مجموعة دولية من الميكروبيولوجيين قد قامت مؤخرا بوضع مسودة استغاثة لإقامة نظام - بتصيد العينات وتخزينها وتجميع البيانات - نظام يحفظ البكتريا التي تحيا في بيمات نادرة (والتي قد تكون مهددة بالقضاء) مثل الينابيع الحارة والبحيرات عالية الملوحة. لفتت الوثيقة النظر إلى ما قد يكون

لذلك من فوائد اقتصادية، مشيرة إلى أن بيكتريا الينابيع الحارة إنزيمات تعمل بصورة أسرع من إنزيمات البكتريا العادية، وإلى أن الأنحطاط التي تتحمل الملوحة قد تكون مفيدة في كوكبة من التطبيقات العلمية والتقنية الجديدة - ينك جينات جديد.

يترك تبنيك الجينات الكثير مما نأمله، غير أنه تطور مثير مذهل حقا - وأنا أتحدث عنه الآن كنظام واحد، نظام لايد أن يصبح بالتدرج واهي الارتباط بعناصره المختلفة. في نفس الوقت سنجد أن بيولوجي التصنيف - الدارسين للتنوع البيولوجي - يزكون مشروع "علم كبير" جديد، يطلقون عليه اسم "أجندة التصنيف ٢٠٠٠". فإذا حدث وأجيز هذا المشروع فسيكون قائمة عالمية لكل الكائنات الحية - النظر لمشروع الجينوم البشري. ها مشروع أرسطو - بمعلومات أكثر - يدخل القرن الواحد والعشرين.

### المحيط الحيوي الثالث والمحيط العقلي الإلكتروني:

شبه بير تيلهارد ده شاردان - عالم اللاهوت الذي كان أيضا من علماء الحفريات - شبه مراحل تطور الأرض عبر الزمان بطبقات تركيبها: المحيط الثقيل الفلزي المركزي، يطوقه الغلاف الصخري، تطوقه الطبقات المائعة للغلاف المائي والغلاف الجوي. أما أكثر ما اهتم به الرجل من المراحل الطارئة فهو تشكيل المحيط الحيوي - "الغشاء الحي المكوّن من فونا وفلورا الكرة الأرضية" - والمحيط العقلي، عالم التفكير الواعي الذي نشأ عن المحيط الحيوي وحوله - إنه طبقة جديدة حقا، هو أكثر ترابطا وشمولا من أي طبقة سبقته، هو "طبقة التفكير" التي عمّت عالم النبات والحيوان منذ نشأتها في نهاية الحقب الثالث. بمعنى آخر: يوجد المحيط العقلي خارج المحيط الحيوي وفوقه.

شاع استخدام مصطلح "المحيط الحيوي" الآن. هو لا يستخدم دائما بالمعنى المضبوط الذي كان يتصوره تيلهارد وزملاؤه، وإنما كمرادف



للأرض نفسها، وهو مصطلح طيب في رأيي وعملي، لأنه يذكرنا بأن كوكبنا حي؛ عندما أنظر إلى تلك الصورة الفوتوغرافية للأرض يعتريني الاحساس بأن "المحيط الحيوي" هو المصطلح الملائم لها تماما. أما المصطلح الآخر، المحيط العقلي، فالتاس تخافه. ومع ذلك فقد سمعت حشدا من العلماء يستخدمونه دون ما تحجل وهم يومنون برءوسهم موافقين على ملاءمته. كان هذا في أحد اجتماعات الجمعية الأمريكية لتقدم العلوم. واجتماعات هذه الجمعية دائما ما تكون مثيرة، إذ يجمعون فيها عددا من العلماء الأفاضل من مختلف المجالات، ثم يُطلب منهم أن يتحدثوا عبر حدود فروع المعرفة المختلفة، ومن ثم تجدهم يستعملون شيئا أقرب ما يكون إلى اللغة الانجليزية التي نعرفها! تميز هذا المؤتمر بعدد من العروض عن المواضيع التي ناقشها هنا. تحدث العلماء عن مشاريع بحثية هائلة، كل منها أكبر في المدى والتعقيد من أي مشروع قام به جنس البشر. تحدثوا عن استخدامات مذهلة للكمبيوتر وتكنولوجيا المعلومات. وفي إحدى هذه الجلسات تحدث المشاركون، في دهشة لم يحاولوا إخفاءها، عن كيف أن كل هذه الأشياء تلتقي - أنها تحدث في نفس العالم، أنها أجزاء من عملية واحدة. وكان "المحيط العقلي" هو المصطلح الوحيد الذي بدا أنه يصلح لها تماما.

أنا لا أظن أن كان لدى تيلهارد ده شاردان أي فكرة عن المحيط العقلي ككيان؛ إنه أشبه ما يكون بمحيط غير مرئي من الفكر يطفو حول الأرض. لكن هذا المحيط يُعنى الآن أعضائه الإلكتروني، ليربط العالم بأسره والناس أجمعين بطرق مادية ملموسة. لم تعد "طبقة التفكير" في عمل المحيط الحسي مجرد تجريد. إنها مُضَمَّنَةٌ فيزيقيا في الأقمار الصناعية التي تحوم فوق الكوكب، تراقب كل عمليات الحياة وتبعث إلينا بالمعلومات.

موضوع آخر من مفكرتي: أتيتحت لي الفرصة منذ سنين أن أقوم برحلة في "المحيط الحيوي الثاني" (بيوسفير-٢)، النظام البيئي الاصطناعي بصحراء أريزونا. كان هذا مباشرة قبل بدء التجربة التي نالت دعاية ضخمة، والتي

أغلق فيها على فريق من الناس لفترة تجريبية طويها سستان، قبل النقد العنيف الذي اتهم المشروع بأنه علم رديء إن لم يكن حماقة. ولما كنت لا أشعر بالحاجة إلى إبداء رأيي في "المحيط الحيوي الثاني"، فإنني أقول إننا قد تمتعنا به - تمتعنا بالتحول داخله وفحص تنوع صور الحياة به، وما يحتويه من نظم إيكولوجية مصغرة، تمتعنا بمشاهدته من الخارج والإعجاب بجمال هذا الصرح المهيّب يربض كسفينة فضاء فضية عجيبة ما بين التلول المجدبة.

أذكر بالذات مركزه العصبي. كان حجرة واسعة عصرية على حوائطها شاشات للمراقبة عديدة. كانت مكانا تتدفق إليه المعلومات من كل أجزاء المحيط الحيوي، لتحكي في أية لحظة عن حالة أجزائها المختلفة ونظمها الثانوية. كانت المعلومات تتدفق لأن الاسلاك كانت تربط ما بين أجزاء المحيط الحيوي كله. طافت بذهني فكرة فحواها أنه على الرغم من أن المحيط الحيوي الثاني قد صُمم ليكون نموذجاً صغيراً بسيطاً للمحيط الحيوي الأول - الأرض - فإن الكوكب الحقيقي يتحول أكثر وأكثر ليشبه النموذج، فالأرض هي الأخرى قد أخذت تلفها الأسلاك بطريقة جديدة، المعلومات تتدفق عائدة إلى آلات الرصد المختلفة. ليس هناك مركز عصبي واحد - آمل وأتوقع ألا يكون أبداً - ولا يستطيع أحد ببساطة أن يتحكم في كل النظم الكروية للحياة، فيضغط على بضعة أزرار ليغير الطقس أو التيارات تحت سطح البحر. لكن الناس يمحكون بالفعل كل تلك النظم، ويصبح المحيط العقلي الإلكتروني أكثر دَرَجَةً في كشف ما يحدث عندما نقوم بذلك.

## النصل الرابع ترحيب بمجتمع المعلومات البيولوجية

لقد تخطى نظام الذاكرة الخارجية الآن ذاكرتنا البيولوجية حتى لم يعد ممه مبالغة في قولنا إننا قد توحدنا أبدأ مع اهتكاونا الرفيع في تعايش عارف متفرد في طبيعته.

— ميرلين روناك

دأب المتنبون والمرشدون الروحيون، لمدة عقدين حتى الآن، يحدثونا عن واقعة تسمى الثورة المعلوماتية، الثورة التي ستجلب، كما يقولون، نظاما جديدا للأشياء اسمه مجتمع المعلومات. يقف معظم المشرين في صف هذا التطور، لكن مة قلة يغمرهم التشاؤم بشأنه — وإن كانوا يوافقون على أنه واقعة عالمية تاريخية كبرى. هم يخبروننا بأن اعتمادنا المتزايد على المعلومات واستخداماتنا المتزايدة للتكنولوجيات الجديدة للمعلومات والاتصالات تغير بالفعل السياسات، وتغير الحكم، وتغير التجارة، وتعيد صياغة أحكام المنظمات في كل مكان.

يقول دانييل بيل، وهو واحد من أوائل منظرى المعلومات، إن المعلومات "هي المورد الاستراتيجي والعامل المحول" لمجتمع ما بعد الصناعة"، هي المتركز المحوري في "هيكل اجتماعي جديد مبني على الاتصالات من بعد". في هذه الرؤية ملامح رئيسية ثلاثة لمجتمع ما بعد الصناعة المعلوماتي: (١) التحول من اقتصاد انتاج السلع إلى اقتصاد الخدمات، (٢) الاعتماد المتزايد على المعرفة النظرية، (٣) اهتكار "تكنولوجيا عقلانية" جديدة تركز على الكمبيوتر والآلات الذكية.

يتحدث بيتر دراكر، وهو الآخر من رواد المعلومات، عن الكيفية التي بها تُخلَق المعلومات هياكل تنظيمية أكثر مرونة وأقل تسلسلا، وتُعدُّ المسرح لطبقة جديدة من "عمال المعلومات"، طبقة تحتاج إلى أساليب جديدة في الإدارة. يقول إننا نتحرك الآن نحو عصر "ما بعد الرأسماليين"، عصر تحل فيه المعلومات محل رأس المال في إنتاج الثروة. يقول بول رومر - الاقتصادي المفضل لدى دراكر - إن المعلومات وتكنولوجيا المعلومات قادرتان على أن تجلبا تغييراً دائماً في معدل الكشف ومعدل النمو الاقتصادي. وهو يعتقد أن العالم الآن - مع تحرر الناس من التفكير الاقتصادي التقليدي ومن قيود العصر الصناعي - قد أصبح على شفا انفجار من الإبداع وصناعة الثروة لم يسبق له مثيل.

يتحدث هارلان كليفلاند عن صيغ شئون العالم بالمعلوماتية ويقول إن مفهوم الموارد الذي رافق السياسة الجغرافية يتحول الآن بسرعة ليصبح في غير كان. يضيف قائلا: "نطلق في أيامنا هذه اسم الدولة "المتقدمة" على الدولة التي تنعم بأكبر قسط من تدفق المعلومات. نحن نعرف أن في استطاعة أي شخص أن يستخلص المعارف من مستودع المعلومات الذي يكاد يفرقنا جميعاً. لا يلزم أن تجدها داخل حدود بلدك نفسها، لا يلزم أن تنميها في وطنك ذاته، لا يلزم أن تصنعها في مصانعك الخاصة أو أن تجمعها في مصانع التجميع لديك. إنما عليك أن تضعها جميعاً في محك، ثم أن تضم بصيرتك وخيالك إلى الأعمال الذهنية لإخوتك من البشر في صورة شبكات وشركات وتحالفات".

أما دونالد ميشيل - وهذا رائد آخر من منظري المعلومات - فيؤكد على أهمية التعلم مع تزايد اعتماد المجتمعات على الإبداع وتبادل المعلومات. وهو في هذا لا يكفي بمجرد التأيد المتعارف عليه للتعلم، إنما يجادل بأن ثمة زمرة كاملة جديدة من المهارات التعليمية - أسماها "الجدارة الجديدة" - تصبح ضرورية لكل الطامحين في أداء عملهم بكفاءة - لاسيما

من يتقلد منهم مواقع القيادة. فالقيادة لا بد أن يكونوا "قادة في التعلم"، يمكنهم أن يعترفوا بالخطأ ويعدلوا خططهم. أما المنظمات - وقد تكون المنظمة مجتمعاً بحاله - فلا بد أن تكون لها القدرة على التحول إلى "أساليب تعلم" قد تؤدي إلى تغيرات أساسية في الطريقة التي تنجز بها الأعمال.

أصدر ستيف روسيل زميلي بمعهد ميرديان مؤلفاً عنوانه "الحكم في مجتمع المعلومات" - وهذا تقرير عن مشروع قام فيه مع مجموعة من كبار الرسمين بالحكومة الكندية باستكشاف ما يسببه التسق الجديد للأشياء من آثار على مجتمعهم ونظامهم السياسي - وقد نبهوا فيه إلى الآثار الرئيسية التالية:

\* الاتجاه نحو التكريض: بما في ذلك تكريض الاقتصاد (سوق أوراق مالية مترابطة، أسواق رأسمالية بلا حدود، تكريض التصنيع، وغير ذلك)، التأثير النافذ للعلم المَكْرُض والتكنولوجيا، والحاجة إلى معالجة القضايا (من التجارة إلى البيئة إلى حقوق الانسان) في صيغ وشبكات ومنظمات فوق قومية.

\* الترذيد، والدَّقْرَطَة، والتَشْطِيطَة: التي تبدى في القوة المتزايدة للحكومات تحت القومية، وفي الاقليمية المتزايدة، وفي انتشار "الأصوات المتعددة"، نعني الزيادة في عدد الجماهير التي تسعى لتأكيد دور لها في الحكم.

\* انهيار النموذج البيروقراطي / الصناعي للتنظيم: تصاغر القطاع العام والخاص كليهما، تفكيك الإدارة الوسيطة، التحلل من أحكام العمل، تزايد الاعتماد على الشبكات والحملات وغيرها من طرق التنظيم الأكثر مرونة ولا مركزية.

\* إعادة جذرية للبناء: انهيار الفروق التاريخية بين الصناعات، وبين القطاع العام والخاص ، وحتى بين الدول، انهيار يصاحبه بحث عن علاقات وتحالفات جديدة بين هذه الكيانات.

\* تناقص احتمالات السرية، وتضمينات ذلك بالنسبة لنظم الحكم التي تركز على درجة معينة من السرية.

هذه بعض الأفكار العريضة البائدة حول الحياة في مجتمع المعلومات. فإذا أردت التفاصيل فلديك النافذة، والجات، والإنترنت، والواقع التخيلي، وانهيار حائط برلين، وانفجار الاتحاد السوفيتي من الداخل، والنشاط المتزايد للمنظمات غير الحكومية، ونمو النظام المالي الكرضي المُكْمَتَر، ومشاهدة الكمبيوترين للمسلسلات المكسيكية، ومشاهدة الأمريكيين لحرب الخليج، ومشاهدة العالم أجمع لأروع عروض العصر، ثم أية قصة تقرأها هذا الأسبوع عن الحياة الجنسية لأحد المشاهير.

ومعظم ما ذكرناه الآن يختص بالناحية السياسية الاقتصادية التنظيمية لثورة المعلومات. لكن هناك ناحية أخرى لا تقل روعة ولا فعالية في تحويل العالم، وتتعلق بالصلة ما بين تكنولوجيا المعلومات وحياتنا الشخصية. يلزمنا أن نفهم هذه الصلة إذ كان لنا أن نفهم كيف سيؤثر فينا ذلك التأكيد المتزايد على المعلومات البيولوجية، فمستكشفو هذه الناحية من ثورة المعلومات يعتبرونها ثورة في حد ذاتها، فصلاً جديداً في تطور الإنسان "هومو سابينس"، واقعة لا تغير فقط المجتمع والأعمال وإنما أيضاً الطبيعة الأساسية لحياة البشر.

يقول هوارد رابنغولد - وله بضعة كتب في علم المعرفة والواقع التخيلي وغير هذين من المواضيع ذات الصلة - يقول إن الحالمين الحقيقيين في عالم الكمبيوتر كانوا يدركون من زمان أن الهدف من هذه التقنية ليس هو مجرد تخزين أو معالجة البيانات وإنما "توسيع قدرة عقول البشر على التفكير

ترجييب، معجنج المعلومات البيولوجية

والاتصال وحل المشاكل". اما أفضل مصطلح لديهم لوصف ما يقوم به الكمبيوتر فهو "الزيد". هذه الكلمة هي المفتاح إلى تفرد التطور البشري - ماضيه وحاضره، ثم مستقبله على وجه الخصوص.

## الحيوان المزيد:

ثمة فريق من علماء الآثار، بمركز جامعة إنديانا للبحث في الأسس الأنتروبولوجية للتكنولوجيا، يقوم بدراسة الأدوات البسيطة المصنوعة من الحجر المرقق - والمسماة "أدوات أولدواي" - التي كان يستخدمها أشباه الإنسان منذ نحو ٢٥٠ مليون عام لأغراض مثل قطع جلد الفيل الذي يبلغ سمكه بوصة. كانت هذه الأدوات - كما يقولون - جزءاً متكاملًا من تطور أشباه الإنسان إلى أكلة لحوم، وهي دليل على أنهم قد بدأوا في إنتاج محاصيل للأعضاء البيولوجية - أعضاء للقطع والمهرس كذلك التي تعملها اللآحيمات الأخرى. يفسر هذا واحد من الفريق بقوله: "سنلاحظ صغر حجم الأسنان والفكوك، لأن التكنولوجيا قد قامت بعمل البيولوجيا". كانت هذه الأدوات زيد مبكر حرر الجسم من أن يتطور بوسيلة أخرى.

هناك تبصر جديد في هذا الخصوص قدمه مارشال ماكلوهان - الذي تذكره أساساً لأفكاره المثيرة عن التلفزيون. كان لكتابه "تفهم الجهاز الاعلامي" عنواناً فرعياً هو "زيد الإنسان"، أبرز فيه أن لكل الابتكارات أثرها في التدعيم. إنها تخدم كإضافات لجسم الإنسان، تمكن الناس أن ينجزوا أعمالاً ما كان لهم أن ينجزوها بالإدارة الجسدية التي طوروها من خلال التطور الوراثي. بل لقد رأى أن في الملابس تدعيماً لجلد الإنسان - بل وتدعيماً فعالاً للغاية، لأنها تحمي طاقة الجسم، وتمكن البشر من الحياة بقدر أقل من الطاقة. يستطرد قائلاً:

"فإذا كانت الملابس تعزيراً لجلدنا الشخصي في تخزين وتوجيه حرارتنا وطاقتنا، فإن المساكن وسيلة جماعية لإنجاز نفس الشيء بالنسبة للعائلة أو

المجموعة. المنازل كملتجأ هي تعزيز للآليات التي بها تتحكم أجسادنا في الحرارة - هي جلد جماعي أو رداء جماعي. بل إن المدن هي الأخرى تعزيز أبعد للأعضاء الجسدية يوافق حاجات جماعات أكبر. والكثير من القراء على بينة بالطريقة التي نظم بها جيمس جويس روايته "عوليس"، بأن نَسَبَ عضواً جسدياً مختلفاً إلى كل من صور المدينة من حوائط وشوارع ومباني وميديا مَدَنِيَّة.

والزَّيْدُ - الإضافات الاصطناعية أو التحسينات في جسد الكائن - ليس مقصوراً بأي حال من الأحوال على البشر وحدهم. يستخدم ريتشارد دوكنز - عالم البيولوجيا التطورية - مصطلح "المظهر المَزِيد" في وصف كل الأدوات والتراكيب التي يخلقها الحيوان بغريزته. لكن الإزادات البشرية تصبح جزءاً من الحضارة - الابتكارات والأفكار التي يمكن أن تنتشر وتُحَسَّن وتُستَخدم بطرق جديدة. بل وهناك فارق أكبر حتى من هذا: البشر يرفدون "التفكير".

قام السيكلولوجي ميرلين دونالد، من جامعة الملكة في أونتاريو، بِلْمُ النتائج من عدد من المجالات في هيكل نظري بارع لفهم ما أسماه التطور المعرفي للجنس البشري. ولقد تسمي مَدْحَلَه هذا أيضاً باسم التطور بالزيادة: تطور لا يضاف فيه إلى الجسم وإنما إلى قدرته على تفهم المعلومات وتوصيلها.

والقضية التي يطرحها هي أن الجنس البشري يجذب نفسه من مستويات الرئيسات ليعلوها، وذلك عن طريق سلسلة من الابتكارات. وهذه في حد ذاتها ليست بالفكرة الجديدة تماماً، إنها تعيد إلى الذاكرة فكرة بيرجسون عن "هومو فابري"، كما نجدها في الأفكار القائلة إن الإنسان هو الحيوان صانع الأدوات. لكن دونالد يحاول أن يصنع معنى أكبر وأكثر صقلاً. هو يقول إن أهم هذه الابتكارات كان هو أنساق الرمز والمعرفة. ابتكر الناس أولاً الرموز، أشياء ترمز إلى أشياء أخرى - وهذا في حد ذاته ابتكار رائع -



فَرَجِبَ، بِجَمِيعِ الْمَعْلُومَاتِ الْبَيُولُوجِيَّةِ.

ثم مضوا على مدي فترات طويلة من الزمن يبتكرون نُظُماً رمزية جديدة تماماً متزايدة التعقيد والقوة، مثل اللغة والكتابة. ولقد وَسَمَ كل من هذه النظم الجديدة للترميز تحوُّلاً تطورياً إلى مستوى جديد له قدرات جديدة من الفكر والفعل - تحوُّلاً أنتج بالفعل نوعاً جديداً يختلف جذرياً عن النوع الذي ابتكر قبله. كان كلُّ من هذه تحوُّلاً تطورياً، ولقد غيَّر كل منها البشرية كما غيَّر العالم.

على أن الكلمة لم تكن في البدء. ارتبط التحول الأول - التحرك من مستوى القردة العليا والانسان الجنوبي إلى مستوى هومو إركتص - ارتبط بظهور القدرة على المحاكاة الجسدية، أي إعادة تمثيل الوقائع. كان هذا التحول الذي ربما لم يتطلب إنجازاً سوى بضع مئات الآلاف من السنين، كان يجري منذ نحو مليوني سنة. ولقد مكَّن أسلافنا من النوع إركتص من أن يقوموا بما لم يفعله حيوان قبلاً - تنظيم مجتمعاتهم بطرق جديدة، إنتاج أدوات غاية في التهذيب، التحكم في النار، ثم الهجرة بعيداً بعيداً عن موطنهم الأصلي.

أما التحول التالي - التحرك من حضارة إركتص إلى حضارة هومو ساينس - فقد اصططحته بدايات اللغة البشرية الحقة. ولقد تضمن هذا بالطبع ما يزيد كثيراً عن إصدار ضجة ذات معنى، كما تضمن تطوير قدرة معرفية جديدة. كان على الناس أن يتمكنوا من أن يفكروا ويتحدثوا في صيغة قصصية، وأن يفهموا القصص التي يرويها الآخرون. بهذا اكتسبوا قدرات جديدة على التعلم كما اكتسبوا ذاكرة جماعية، وطوروا أدوات أكثر تعقيداً، وابتكروا ثقافات شفوية متقنة: ثقافات الأسطورة والشعائر والعقيدة.

كانت هذه التحولات التطورية تحولات ثقافية وبيولوجية. لقد مكَّنتهم النظم الرمزية الجديدة من بناء كيانات من المعرفة يمكن أن تنتقل من جيل

إلى جيل - "الدنا الثقافي" كما يسميه بعض منظري التطور. وفي نفس الوقت تطوّر البشر فيزيقياً. كان الانتخاب البيولوجي يحايي مَنْ يمتلك مخاً يصلح لاستخدام المعلومات الرمزية، وَمَنْ يحمل جهازاً صوتياً يلائم اللغة.

وكان التحول الثالث هو ما أطلق عليه دونالد اسم التحرك نحو نظم الترميز "البصرية التصويرية" التي تستخدم العلامات والرسوم في تمثيل أشياء أو أفكار أخرى.

يبدو أن تمثيل العالم برموز بصرية أمر "طبيعي" جداً حتى ليصعب حقاً أن نعود بعقولنا إلى زمن لم تكن لنا فيه هذه المَلَكَة - أن نتصور الحياة البشرية على غير ذلك. لكن الترميز البصري كان ابتكاراً حقيقياً، فتحاً قام به البعض بطرق مختلفة في أزمان مختلفة وأماكن - ولم تصل إليه الكثير من المجتمعات البدائية أبداً. عثر الأركيولوجيون على آثار للبصريّات التصويرية في أنواع شتى من الزخارف القديمة، في الرسوم بالكهوف، وفي الكتابات المبكرة بالطبع. لكن دونالد يؤكد أنه ليس أمراً محتوماً أن تتقدم اللغات المنطوقة لتصبح لغات مكتوبة. فمن بين الآلاف، بل ربما مئات الآلاف، من اللغات المنطوقة التي طورها البشر، لم يتطور إلا أقل من العُشْر إلى صيغ عملية مكتوبة، ثم إن قلة جد صغيرة من هذه قد أُنْتُجَت قدراً معقولاً من الآداب - ثقافات تتركز على الترميز البصري. ينتهي دونالد بقوله: "لم تكن الكتابة فقط تطوّراً متأخراً، بل كانت أمراً نادراً جداً".

ومع الكتابة ظهر نوع جديد من الزيد، أقرب إلى ما نسميه الآن بالتكنولوجيا. بدأ التفكير الانساني ذاته يستخدم أداة. وفي نهاية الأمر أصبحت اللوحات المنحوتة ولغات البردي ثم الكسب، إزادات للعقل - مثلما تكون الملابس زِينَةً للجسد - ثم طور الأفراد نوعاً مختلفاً من الروابط مع ثقافتهم، لأن الدنا الثقافي كان ينتقل من خلال قنوات جديدة.

قاد التحول الثالث.... إلى مرحلة ثالثة من التطور المعرفي، مَيَّزَهَا بزوغ عاملين رئيسيين في أسلوب البناء المعرفي هما الرمزية البصرية والذاكرة الخارجية. ولابد لنا أن نعتبر التخزين الرمزي الخارجي هو تغير في "عتاد" البنية المعرفية البشرية، إن يكن تغيراً في العتاد غير بيولوجي. وكانت نتائجه بالنسبة لأسلوب البناء المعرفي للبشر مشابهة لنتائج تزويد وحدة تشغيل مركزية بجهاز تخزين خارجي، أو إذا أردت دقة أكثر، بوسيلة مع شبكة.

للشخص المتعلم الآن جهاز ذاكرة مَزِيد يصله بمقادير هائلة من المعلومات، أبعد بكثير من معرفته الشخصية. ونحن نعتبر هذا أمراً مسلماً به، لا أحد يتوقع من طباطخ أو طبيب أو مؤرخ أن يتذكر كل ما يرتبط بموضوع عمله - وإن كان هذا بالتحديد هو ما كانت تفعله المجتمعات اللابصرية تصورية. يحكى أليكس هالي في روايته "الجزر" تجربة اتصاله ببقايا مثل هذا المجتمع - وهي تجربة من أهم وقائع حياته، الواقعة التي أسس عليها كتابه. كان يبحث عن جذوره، ويحاول أن يتحقق من أسطورة عائلية عن سلف أسير وبيع في سوق العبيد منذ نحو مائتي عام. سافر إذن إلى جامبيا وتحدث مع مجموعة من الرجال لديهم دراية بالحياة الثقافية للبلاد:

أخبروني بشيء لم يخطر لي أبداً على بال: هناك رجال طاعنون في السن - يسمونهم - "الجزريوت" - لا زالوا يعيشون في القرى البعيدة القديمة، رجال هم في حقيقة الأمر أرشيف متحرك للتاريخ الشفوي. يكون الجزريوت الراشد عادة في أواخر الستينات من عمره أو أوائل السبعينات، ومن بعده هناك من هم أصغر سناً - ثم صبية يأخذون عنهم، يستمعون إلى حكاياتهم أربعين أو خمسين سنة قبل أن يوهل أي منهم ليصبح جريوتا راشداً، قادراً على أن يحكى في مناسبات خاصة تاريخاً يمتد إلى الوراء قرونًا، تاريخ القرى والعشائر والعائلات والأبطال العظام. انتقل مثل هذا التاريخ الشفوي جيلاً وراء جيل عبر أفريقيا السوداء كلها من أيام الجدود القدماء - هكذا علمت - وكان هناك جريوتات أساطير معروفون يمكنهم أن يرووا

حرفيا جوانب من التاريخ الافريقي لمدة ثلاثة ايام دون أن يكرروا أنفسهم أبداً.

وعندما لاحظ الجامبيون مدى الذهول الذي أصابني، ذكروني بأن كل شخص حي إنما هو سليل أسلاف عاشوا في زمان ومكان لم يعرفوا فيه الكتابة، ولم يكن ثمة وسيلة آمنة لتخزين المعلومات ونقلها سوى ذاكرة الناس وأفواههم وأذانهم.

عاد هالي بعد فترة إلى أفريقيا، ثم أخذ طريقة إلى قرية نائية وبصحبته حاشية من المرشدين والمترجمين والموسيقيين - فقد عرف أن الجريوت لا يعمل دون خلفية موسيقية. وصل إلى عجوز حكى له في ساعتين ونصف الساعة عن قائمة الأنساب، وعرف هالي تاريخ أسرته، وتأكد من صحة قصة سلفه كونتا كينتي.

إذا أراد البعض في أيامنا هذه أن يعرفوا عن أسلافهم لجأوا إلى نظم التخزين الخارجية: هم يشتركون كتباً عن سلاسل الأنساب، هم يستخدمون برنامجاً به فراغات في شجرة العائلة يملأونها، هم يفتشون عن سجلات مدونة قديمة، وربما استشاروا بنوك البيانات الهائلة كملك الموجودة بكنيسة المورمون. الناس يصنعون ضروباً مختلفة من الروابط ويتبادلون ضروباً مختلفة من الرموز. ثمة أعداد من الناس أكبر كثيراً يرتبطون بشبكات المعلومات هذه، بل إن بعضاً من المعلومات التي تلقاها أليكس هالي بالاتصال المباشر بالثقافة الشفوية، قد سُجلت الآن في كتابه. يمكنك أن تعثر على نسخة من كتاب "الجزور" في مكتبك، أو قد تحصل على فيديو كاسيت من المسلسل التلفزيوني الذي عُرض من سنوات. لقد وصل كشف هالي إلى الملايين بعد أن تفجر عبر أجهزة إعلام عصر المعلومات. نحسنا شيئاً - فلم نعد ندرّب مثل هذه الذاكرة الفخمة - وكسبنا شيئاً. كسبنا كل الآداب، ومثلها

التاريخ الذي نعرفه: تاريخ يتضمن أكثر من مجرد سجل قبيلتنا، إذ يمتد إلى مجتمعات عديدة، بل ويتضمن تطور البشر ذاته.

تتلاشى الثقافات الشفوية القديمة، ومع تلاشيها يجوب الباحثون العالم يحملون مسجلات الأشرطة، ومعهم أيضا أجهزة الفيديو - يتحدثون إلى المعجزة من الرجال والنساء، مع رؤساء القبائل، والعراقين والجريوت، يسجلون قصصهم. "يحفظون" تراثهم من المعارف التقليدية المنطوقة (طبيعي أن الثقافة الشفوية إذا ما حُفِظت إلكترونيا لم تعد بالضبط ثقافة شفوية). وإذا ما سُجِلَت الحِكْم الماثورة تخطت حدودها الجغرافية والاجتماعية الأصلية - وتَبَت إلى فضاء التوجيه والضبط، وأصبحت جزءاً من مجتمع المعلومات.

وتطور الثقافة - الذي يحفظ بقايا النظم الرمزية القديمة مع ابتكاره لأخرى جديدة - يوازي تطور عقل الإنسان، ولا يزال ماضينا يحيا بداخلنا. يعتقد دونالد أن "كل نظام رمزي جديد ظهر بقي كاملاً داخل البناء العقلي المعاصر، بحيث أصبح عقلنا المعاصر بناءً موزايكيًا من مُخْتَزَلَات معرفية من المراحل المبكرة لظهور الإنسان". إننا نتحرك عبر ما هو بصري تصويري إلى معلومات تُشَفَّر وتُنْقَل إلكترونيا في صورة بيانات - رموز رموز يمكن إعادة ترجمتها إلى كلمات أو صور أو أصوات. لكننا نستبقى أيضا أثناء ذلك ذخيرتنا المخزونة من الإبداع التي تمكننا من الاتصال، عن طريق المحاكاة، والقصة أيضا.

فإذا تبعت هذا الخط من التفكير فستصل لا شك إلى الاستنباط بأن الأحجية القديمة عما إذا كان الكمبيوتر سيتمكن يوما من أن يفكر أفضل من البشر - المادة التي تُعرض في الكثير من جلسات طلبة الدراسات العليا والعديد من مقالات النقاد في الصحف، ومادة بعض المحادثات بين الفلاسفة - هذه الأحجية ليست بالضبط بالسؤال الصحيح. فإذا وضعنا قول بوجو

في صياغة جديدة قلنا: لقد عرفنا الكمبيوتر الضخم (المحاسبية) وما هو إلا نحن - ونحن و تكنولوجيا تتغير أبداً، نحياء في تعايش. ومع استيعابنا الابتكارات الجديدة داخل حياتنا العاملة واللاهية والفكرية، فإننا نعيد ابتكار أنفسنا. هذا هو تطور الانسان، إنه شيء أبعد بكثير من التطور البيولوجي، وأكثر بكثير أيضاً مما نعتيه عادة بالتطور الثقافي. أو كما قالها دونالد: "قد تكون جيناتنا في أغلبها مطابقة لجينات الشمبانزي أو الغوريلا، لكن بنياننا المعرفي ليس كذلك. لقد وصلنا في تطورنا المعرفي إلى نقطة حرجية. إننا كائنات نستخدم الرموز صيغت من شبكات، إننا نختلف عن كل ما قبلنا".

أما الطريقة التي ننظر بها إلى حال البشر أو إلى تطور الانسان، فتبدى في أعمال أصحاب الرؤى من المجالات المختلفة. يعتقد المؤرخ بروس مازليش أن "البشر قد بدأوا بصورة حاسمة يتبنون طريقاً غير الفجوة ما بينهم وبين الآلات"، يكتشفون "أن الأدوات والآلات هي جزء لا يتجزأ من الطبيعة البشرية في تطورها". أطلق مازليش على هذا الفتح اسم "الفجوة الرابعة"، وكان ما يعنيه هو نهاية الفجوة الرابعة. إن روايته عن التقدم التطوري البشري هي قصة دروس تعلمناها - دروس من نوع فريد جداً: يكشف الجنس البشري في كل درس أن أشياء كان يعتبرها يوماً منفصلة ليست كذلك على الإطلاق. فجوة فكرية تُجسّر، فجوة تُختفي. تعلمنا من درس كوبرنيك أن كوكبنا ليس منفصلاً عن الأجرام السماوية، تعلمنا من درس داورين أن البشر ليسوا منفصلين عن الحيوانات، وتعلمنا من درس فرويد أن العقل الواعي ليس منفصلاً عن أصوله في "ما قبل الشعور". وها نحن نتعلم أننا لا نستخدم أدواتنا ببساطة - لا ولا نستخدمها ببساطة، كما قد يقول كار هو التكنولوجيا - وإنما أن الكائن البشري هو نحن وأدواتنا معاً.

غير أن كلمات مثل "أداة" أو "ماكينة" لا تكاد تكفي لوصف ما يحدث الآن. حقاً إننا نتعامل مع أدوات معلومات وماكينات معلومات، لكننا

نتعامل أيضا مع العديد من نماذج الاتصال الجديدة - اتصالات بين البشر والآلات، نعم، إنما هناك أيضا اتصالات بين الناس وبعضهم بعضا، وبين النظم الايكولوجية، وبين الكائنات الحية جميعا. وكما رأينا في الفصول السابقة، فإن الكثير من المعلومات التي يستخدمها الناس الآن معلومات بيولوجية، وبنوك المعلومات لا تحوي فقط سلاسل الأنساب وإنما أيضا المعلومات الوراثية والجيولوجية. إن نظام الرموز يتحول ليصبح أداة لتحويل الأنواع، تحويل جينوماتنا نحن وتحويل النظم الايكولوجية. وفي أثناء ذلك يتغير التطور ذاته. لم يعد تطور النوع مجرد مسألة تكيف مع البيئة، فنحن بطرق شتى نحور البيئة لتتكيف معنا. ولقد حدث علاوة على ذلك شيء غريب لضرب المعلومات المنفصلين - الوراثي/ البيولوجي والرمزي/ الثقافي - وكنا نفهم أنهما سويا يتدخلان في تطور الانسان. يبدو أنهما يتدفقان سويا، لتخلق إذن فجوة أخرى. يبدو الأمر كما لو كانت الفجوات قد بدأت تتوارى من كل مكان، شبكة كاملة من مفاهيم قديمة وفوارق تنهار، بينما تكافح نحن كي نفهم كيف أصبحنا، وكيف أصبح العالم. قام الكاتب جريجوري ستوك بصياغة مصطلح جديد هو "الميتامان - الانسان الاسمي" يصف به الجنس البشري برمته وجميع مبتكراته ككُل حي واحد يقول: "هذا الاسم يعترف بدور الانسانية الرئيسي في تشكيل الكيان، مثلما يؤكد - على الرغم من تمر كثره حول البشر - أنه أبعد عن أن يكون إنسانيا فقط. الميتامان هو أيضا المحاصيل، آلات المزارع الحيوانية، والمباني، وأجهزة الاتصال، وغير ذلك من العناصر غير البشرية والبنية التي تشكل جزءا من المؤسسة البشرية".

يا إله السماوات! لقاء بيولوجي، زيد، تطور معرفي، فجوة رابعة، ثم الآن: الميتامان! للقاريء حقا أن يشعر بالرعب من هذه المأدبة من الأنفاظ الجديدة، وأن يتساءل عن السبب في أن يجتهد الكتاب في ابتكار كلمات جديدة وعبارات. أما مكفيهم معجم مفردات اللغة الحالي؟ أنا لا أعتقد

ذلك. إننا نتحدث عن عالم جديد، عالم يحتاج وصفه بعضا من كلمات جديدة. الكلمات هي أهم ما ينقل المعلومات. وعلينا في بعض الأحيان أن نوسع معجمنا اللغوي حتى نوسع بصيرتنا.

وهذا يعود بنا إلى مجتمع المعلومات - مصطلح آخر صُك مؤخرًا بدأ هذا الفصل بنقاش حول هذا الموضوع، ثم استعرضنا بعضا من الأفكار الطيبة عنه. يظل كل ما اقتبسناه من قواعد صحيحة في سياق مجتمع اليوم معلوماتي ناشيء. والواقع إنك إذا عدت لتتظر ثانية إلى مختلف النقاط التي أثارها منظرو الثورة المعلوماتية، فسرى وثاقة صلتها بما يحدث عندما تلتقي البيوتكنولوجيات بتكنولوجيات المعلومات/ الاتصالات. إن تشكيل هيكل اجتماعي جديد، والأهمية المتزايدة لعمال المعرفة، وأغلفة المجتمع وسيّرتة، والمفاهيم المتغيرة عن الموارد، وبروز أهمية التعلم، والتكريض المتصاعد - إن هذه جميعا تبدو أبعاداً للخطوة التطورية التالية التي نتخذها، العالم الجديد الذي يتخلق مع الجنس البشري إذ يزود نفسه بالميكروبيولوجيا وبشبكة كرسية من المعلومات الإيكولوجية. من المهم جدا أن نفهم هذه الخطوة إذ نخطوها، وأن نفهم هذا العالم إذ نصنعه.

هذا ما سنحاول أن نفعله في بقية فصول هذا الكتاب. وقبل أن نمضي إلى التفاصيل، ربما كان لنا أن نتأمل بعض النقاط الإرشادية حول المعلومات إجمالاً، والتي سيثبت على الأغلب أن لها بمخاطبة علاقة بالحياة في المجتمع البيومعلوماتي. وهذه النقاط الأساسية - التي استخلصتها من أعمال الكثيرين من منظري المعلومات والتي أضفت إليها بضع ملاحظات لي شخصياً - ستظهر ثانية فيما يتعلق بالكثير من تطورات البيومعلومات التي سنناقشها:

\* كل المعلومات ناقصة. هناك دائماً ما لا نعرفه. هناك دائماً طريق آخر لإعادة تأطير ما هو معروف. وعلى هذا فالكثير ما يضطر الناس إلى اتخاذ



قرارات هامة بناء على بيانات منقوصة - أمهات يفكرن في الإجهاض، أو قادة حكوميون يتفكرون فيما سيفعلونه بشأن تغير مناخ الكرة الأرضية.

**\* المعلومات لا تقلص مجال الخيارات.** إنما توسعه. الأغلب أن يسعى من يواجههم قرار هام عليهم أن يتخذوه إلى الحصول على معلومات أكثر، على أمل أن ما سيكشفونه سيقوم عمليا باتخاذ القرار نيابة عنهم. ولقد ينجحون بهذه الطريقة في تقليل عدد البدائل، ولكن الأمر لا يكون دائما أسهل، على الرغم من أن المعلومات المضافة قد تجعل من عملية اتخاذ القرار على الأرجح أكثر دلالة وأكثر فاعلية. إذا ما بدأ زوجان في البحث عن الطرق الممكنة لمنع الحمل أو لبدء حمل جديد، فسواجهان في عصر البيومعلومات مجال مذهل من الخيارات في كلا الاتجاهين.

**\* المعلومات دائما عرضة لتأويلات عديدة وتفسيرات.** البيانات لا شيء حتى نسيغ عليها معني، حتى نجمع في قصة - ما زلنا حيوانات حكاية - ومن الممكن أن نوفق كل قطعة من المعلومات داخل قصة مختلفة لها رسالة أخلاقية مختلفة - جماعة مختلفة من الأبطال والأوغاد. يذكرنا الفيلسوف ريتشارد رورتي: "من الممكن أن نجعل أي شيء رديفا أو طيبا بأن نعيد وصفه".

**\* المعلومات تأتي في صور عديدة:** بيانات، أساطير، صور مرئية، ما بعد النظريات. والحق أن معظم منظرَي المعلومات لا يعتبرون البيانات معلومات على الإطلاق. إنها أقرب إلى ما قد تسميه معلومات كامنة. يقول دراكر: "البيانات ليست معلومات. المعلومات بيانات أسبغنا عليها الصلة والقصد". يميز كليفلاند مثله بين البيانات (الحقائق غير المضمومة) والمعلومات (وقائع نظمها لك آخرون لكنك لم تستوعبها في تفكيرك - مثلا: جرائد لم تقرأها بعد) والمعرفة (المعلومات التي استوعبتها) والحكمة (المعرفة وقد تكاملت، "صيرتها النظرية نافعة للغاية").

\* يتحدث مختلف الناس بلغات معلوماتية مختلفة، حتى وهم يتحدثون بنفس اللغة. كثيراً ما يتسبب الجدل العام في أن يقف من يتحدث لغة الاحصاء ضد من يتحدث لغة الأساطير - وطبعي ألا يكون الاتصال بينهم على ما يرام. يحدث هذا كثيراً في الجدل البيومعلوماتي عندما يقف العقليون ومعهم أقراصهم الصلبة المحملة بالمعلومات الاقتصادية أو العلمية، في مواجهة تعاويد فرانكنشتاين وجايا.

\* المعلومات تتسرب. من أهم ملامح مجتمع المعلومات اللافقة للنظر - والمخبطة لدى الكثيرين - أن لا أحد يبدو قادراً على إبقاء أي شيء سراً. منذ بضعة عقود حُجبت عن معظم الشعب الأمريكي حقيقة أن الرئيس فرانكلين روزفلت شخص معوق. لكن مثل هذا الخداع لم يعد ممكناً في أيامنا هذه التي تُذيع فيها أجهزة الاعلام في سعادة أدق تفاصيل حياة الأغنياء والمشاهير. ولقد أصبح تآكل السرية هذا مصدر قلق بالنسبة للبيومعلوماتية، مثل نتائج الفرز الوراثي، فالمعلومات عن القابلية الوراثية لشخص مثلاً للتأثر بالمخاطر البيئية قد تستخدم في حرمانه من وظيفة أو من التغطية التأمينية.

\* يكاد يستحيل تدمير المعلومات إذا ما بُنيت. ستكون هذه النقطة الأخيرة قاسية بالنسبة لكل من يتوق إلى حظر البيوتكنولوجيا. قد يبدو هذا أمراً جذاباً، لكنه مستحيل. عليك أن تتخلص من كل معمل في العالم، وأن تراقب عقل كل عالم وطالب، وأن تمزق الإنترنت، وأن تحرق الككب حتى أن تضئ السماء - عليك في الحق أن تلغي الثورة المعلوماتية برمتها. لكن تبقى البيوتكنولوجيا، فللمعلومات مهاراتها الخاصة للبقاء.

### صورة البيومعلومات:

يظهر مجتمع البيومعلومات عن عمليتين مترامتين: زيادة المعلومات البيولوجية - كذلك النوع الذي يتبع عن مشروع الجينوم البشري، وعن

المشروع الدولي للغلاف الصخري والمحيط الحيوي - والنمو المتفجر لنظم المعلومات والاتصالات. تنمو هذه الآن بسرعة، لتؤسس روابط جديدة، تمتد وتندمج مثل الشبكات العصبية التي تنمو في مخ طفل. وكما سترى، فإن كل الكائنات الحية على الأرض، كل النظم الإيكولوجية، كل النظم الجيولوجية والأرصادية، كل هذه تتحول لتتصل بالنظم البيومعلوماتية الجديدة.

نتحرك في حياتنا اليومية إليها ومنها بطرق عديدة قد تبدو عادية: أن تطعم ضد مرض، أن تستخدم عدة تشخيص منزلية، أن تشاهد حالة الجوع في التلفزيون، أن تشتري بذور أصناف جديدة من النباتات لحديقة منزلك، أن تتبرع بالدم أو أن يُنقل إليك دم، أن توقع على استمارة تسمح بنقل أعضائك إلى آخرين عند وفاتك. كل واحدة من هذه تربطك بنظام بيومعلوماتي، وكل النظم تتغير، ومعظم هذه الأفعال التي نقوم بها روتينياً ونأخذها قضية مسلماً بها - فلا نلاحظها - كانت كفيلاً بأن تعصف تماماً برؤوس الناس منذ بضعة أجيال لا أكثر.

يتشكل المجتمع البيومعلوماتي من العديد من أمثال هذه النظم، ومن الروابط التي تربط ما بينها. إنها ليست مجرد خط أنابيب محايد من البيانات، إنها أيضاً - كما سترى في الفصول التالية - توزع القوة والثروة؛ فما تحويه من معلومات كثيراً ما يكون مسألة حياة أو موت، بالمعنى الحرفي للكلمة. ثم إن المعلومات كثيراً ما تكون محل خلاف. فممنظمات المعلومات - مثل اتحاد بيوت العلاقات العامة وجمعيات حماية المستهلك - قد تحارب بعضها بعضاً، في بعض الأحيان، داخل المجتمع، تماماً مثلما تتحارب النظم البيولوجية أحياناً داخل أجسادنا.

وهذا المحيط البيومعلوماتي المتغير أبداً هو البيئة التي بها نحيا الآن، ومن ثمّ يصبح البقاء من الآن فصاعداً هو قضية أن نتعلم التكيف معها - بينما نتعلم

في الوقت نفسه كيف نكيفها لنا - فهي على أية حال من صنعنا نحن. إننا نحيا بها، وهي تكمن بداخلنا، إننا - لكل الأغراض العملية - هي. ربما كان هذا حقاً هو الجزء من التغير الحالي الأصعب في الفهم، أو حتى في الملاحظة - رغم وضوحه إلى حد ما.

## **الجزء الثاني**

# **الحياة المتغيرة للجسم البشري**



## الفصل الخامس الزئيد ، قديمه وحديثه

كانت نسبة الانتصاب ثلثين أو ثلاثة أرباع، وكان هذا يتسبب أحيانا في مشكلة لانتثائه أو التواته أو انسلاله، وبذا فقد كان النجاح يعتمد على مدى تعاون الرفيقة. ليس في هذا ما يطلبه من يريد المتعة. ولولا العضلة العاصرة التي نقلت لي، لاعتزت النوع القابل للنفخ، لكنني أركسي ويشدة المغروسة المرنّة في مثل هذه الأحوال.

— إرف ، مريض أجريت له جراحة ترقيعية.

كبشر، كحيوانات مزيدة، نحن نحيا في تكافل مع معلوماتنا وابتكاراتنا. تتغير عندما تدخل إلى حياتنا معلومات جديدة وابتكارات جديدة، فنصبح ضربا آخر من الحيوانات. لكن يندر أن ندرك بعد أن تتغير كم أصبحنا مختلفين عما كناه قبلا. ننسى ما حدث من جيشان وقت التحول، تلوي المعلومات الجديدة تخبو في خلفية الحياة، تؤخذ الابتكارات قضية مسلما بها. مَنْ مِنّا ينفق وقته يعجب بالفاكسينات في عروقنا، أو بالنظارات فوق أنوفنا، أو بالحشو داخل أسناننا؟ لو انا انتبهنا حقا إلى الثورات التي انقضت فلربما استطعنا أن نتحرك بشكل أكثر فعالية نحو العالم الثوري الجديد، عالم الحاضر والمستقبل.

### خدعة الدكتور جينر

خذ مثلا حكاية التحصين. إنه لشيء رائع (أليس كذلك؟) أن نحور الآن جهازنا المناعي روتينيا، مستخدمين الفاكسينات نخدع بها الجسم ليطور المقاومة ضد أمراض لم يسبق أن أصيب بها. عرف الأطباء الصينيون منذ آلاف السنين كيف يطعمون الناس ضد الجدري بأن يعرضوهم لإصابة بسيطة به. من بين طرق إجراء هذا أن نحفف ونسحق قشور الجلد المأخوذة

من المصابين بالمرض، ثم نفخ المسحوق في أنف المريض من خلال ماسورة من العظم مجوفة. وهناك طريقة أخرى هي أن نولج قطعة من القطن ملوثة في فتحة أنف المريض. كانت هناك تقنيات مختلفة للتطعيم عن طريق الجلد شائعة في الكثير من بلاد العالم - مثل إدخال مادة مأخوذة من بثرة جدري في جرح صغير. ثمة طريقة روسية مفضلة يُعرّض فيها المريض لساونا أو لحمام بخار لتُفتح مسام جلده فيلتهن بصديد الجدري ويدهك بعنف بأغصان شجر البتولا.

وعلى الرغم من أن التطعيم كان واسع الانتشار (كانت بايجلتر، في أواخر القرن الثامن عشر، عيادات "جدري" متخصصة) فقد كانت له عيوبه. من هذه العيوب أن الإصابة الخفيفة بالجدري، وما يصحبها من حمى وغثيان، كانت مؤلمة، بل ولقد كانت الآلام تغدو مريحة مع النظام العنيف للنزف والتطهير الذي اعتقد الأطباء أنه يساعد على "استيعاب" التطعيم. ومنها أن الإصابة الخفيفة بالجدري الناجمة عن التطعيم كانت في بعض الأحيان من الخطورة حتى لتسبب الندوب أو العمى أو حتى الموت. ومنها أيضا أن الطبيب قد ينقل مع صديد الجدري من المصاب أمراضا أخرى - كالتهاب الكبد والجذام والزهري والسل. لم يكن ثمة فهم واضح لآلية العدوى، ولم يكن هناك حتى إجماع على أن المرض ينتقل فعلا بين الناس. كان البعض من الأطباء يحبذون صيغة من نظرية "الجراثيم" التي كانت تحوم في الجو منذ قرون، لكن كان منهم أيضا من يصر على أن فكرة العدوى بين الأفراد ليست سوى تطهير محض، وأن السبب في التفشي المفاجيء للمرض هو "الميازما" - دخان خبيث يخرج عن حشش أو مواد تتحلل في التربة، مثلما تجده في روايات إدجار آلان بو.

ولقد تصور أن اكتشاف إدوارد جينر للتطعيم عام ١٧٩٨ - نعي أنك تستطيع أن تصيب شخصا إصابة ضعيفة بجدري البقر (غير المؤذي نسبيا) فتجده بذلك جهازه المناعي ليطور مقاومة ضد الجدري - تصور أن هذا



الاكتشاف سيقابل بالترحاب من الجميع. كان الجندري، الذي دخل أوروبا مع الصليبيين العائدين، قد أصبح مرضاً خطيراً يقتل الملايين - وأغلبهم من الأطفال - ويترك الملايين ما بين أعمى ومقعّد ومشوّه. لكن الثورات لا تحدث بسهولة، ولقد كان كشف جينر لحالة نادرة يضفي فيها التطعيم ضد مرض مناعة ضد آخر، كشفاً ثورياً من ناحيتين: فلقد غير الطب (فالحق أن علم المناعة بدأ به) كما غير الحكم، إذ أخذ البعض يتنادي ببرامج قومية للتطعيم العام. يقول أحد المؤرخين إن جينر كان أول شخص في التاريخ يحول مرضاً إكلينيكيّاً إلى علة اجتماعية أو مجتمعية تماماً: "لقد حول الجندري ليصبح أول مرض رئيسي يمكن الوقاية منه كليةً عن طريق التدخل المجتمعي المكثف".

أصبح التطعيم موضوع جدل حار - جزئياً بسبب هذا البعد السياسي. عارضه لأسباب واضحة - إن تكن غير جديدة بالثناء - أصحاب عيادات الجندري الذين رأوا، على حق، أن عملهم سيُضَيّ عليه تماماً مع تحول الناس إلى طريقة أسهل وأرخص لا تتطلب دخول المستشفى. عارضة توماس مالتوس (مُنظّر العالم المكثف بالسكان) الذي تنبأ بأن التطعيم سيطلق عنان التزايد السكاني. عارضة رجال الدين الذين اعتقلوا أن إصابة الإنسان بمرض من الأبقار هو فعل غير طبيعي يعارض مشيئة الله. عارضه العلماء وأهل الطب المقتنعون بالميازما الراضون نظرية الجراثيم. أصرت الممرضة العظيمة فلورنس نايتنجيل حتى آخر يوم في حياتها على أن الجندري يظهر من تلقاء نفسه في الظروف غير الصحية، دون ما سبب من الخارج. عارضه الداروينية (ولم يكن داروين بينهم) بعد نشر كتاب "أصل الأنواع"، فقد رأوا أنه يهدم القوانين الصحيحة للانتخاب الطبيعي بأن يساعد الضعيف على البقاء، بل ورعاً على الإنجاب. خصص هيربرت سبنسر، الدارويني المتعصب الذي صاغ عبارة "البقاء للأفضل"، خصص ردهاً طويلاً من حياته في مقاومة أية تدابير قد تؤدي إلى ما أسماه "الإبقاء الاصطناعي على من هم أقل قدرة على العناية بأنفسهم". عارضه أيضاً من تخوفوا من وجود آثار جانبية له، ولقد غير رسام

الكاريكاتير جيمس جيلري عما ساد آنقذ من هلع من التكنولوجيا في رسم له عنوانه "الآثار الرائعة للتطعيم الجديد" تظهر فيه أبقار مُنَمَّعة تتفجر من جلد الناس.

تجمّع المعارضون ليؤسسوا تحالفات بأوروبا والولايات المتحدة تُعارض التطعيم، تحالفات خاضت لعقود طويلة معارك عنيفة ضد مصلحي الصحة العمومية الذين ظلوا يضغطون لإقامة برامج تطعيم قومية. وفي النهاية انتصرت قوى الصحة العمومية، وإن كان الملايين من الناس قد أخذوا أنشاء الحركة يجرون. عملية التطعيم بصورة شخصية. انتشرت المعلومات في العالم بأسرع من انتشار الجدري ذاتيه. كباني معظم الحكومات بطيعة في تبني برامج التطعيم العمومية، لكنها كانت أيضا بطيعة في اتخاذ التدابير التي تحظر التطعيم، فسمحت للناس بتطعيم أنفسهم وعائلاتهم ومرضاهم إذا كانت لديهم الفكرة العامة عن كيفية اجراء التطعيم وتمكنوا من الحصول على جدري البقر. كان انتشار التطعيم على وجه العموم مقيدا، وإن كان من الطبيعى أن تقع بعض الحوادث المؤسفة والفواجع والمحاولات الفاشلة. وفي عام ١٩٧٧ أبلغ عن آخر إصابة بالجدري - كانت لرجل من الصومال.

وعلى هذا، فبعد أقل من قرنين من إجراء أول تطعيم على يدي جينر، لم يعد الجدري واحداً من الأسباب الكبرى للعذاب البشري، وإنما أصبح تحفة طبية غريبة. أما آخر السلالات الباقية من الفيروس فتقف تنتظر الموت، مجمدة في التروجين السائل في معملين يقعان تحت حراسة صارمة - واحد في أطلانتا والآخر في موسكو - بينما يتجادل العلماء والراسميون فيما إذا كان من الأفضل تدميرها أو ابقاؤها حية للبحوث القادمة. لقد تغير سبيل التطور البشري بعد أن أنقذ التطعيم ملايين الأرواح، كما تغيرت أيضا السيرة التطورية لفيروس الجدري: ثمة أمل كبير في أن يصبح أول نوع يقضي عليه الإنسان عامداً.

في خلال فترة المائتي عام هذه، تغير الكثير. أصبح علم المناعة وعلم الأوبئة علمين من العلوم الهامة، لهما شبكات دولية لتبادل المعلومات. في عشرينات القرن الماضي تمتعت جبهة الميازما بفترة قصيرة مما بدا نصراً حاسماً، عندما توصل أطباء فرنسيون، من دراسة وباء الحمى الصفراء في برشلونة، إلى أن المرض لا يمكن أن يكون قد انتشر بالعدوى - لكنهم أجبروا على التقهقر عندما التقى الميكروسكوب بالطب وتمكن العلماء من رؤية الجراثيم بأعينهم الزيدة. قُبل التطعيم شأنًا من شئون السياسة العامة، لم تقبله الحكومات القومية فقط وإنما أيضاً المؤسسات الدولية، مثل منظمة الصحة العالمية. تغير فهم الناس للأمراض المعدية تغيراً جذرياً، وأخذت الفرق الطبية تجوب العالم تَطْعُم الناس بالملايين. تحول رأي الناس فيها، وتعاملوا معها بطرق مختلفة، واجتذّبوا إلى شبكات كرضية للمعلومات والاقتصاديات والسياسة العامة. واليوم، ومع انتشار مرض الإيدز في العالم كله، فإننا نتوقع ونطلب أن يتصدى له البعض - البحوث، والأطباء، والحكومات.

### علم المناعة : الانفجار الهاديء

عندما طور جوناس سولك فاكسيناً ناجحاً ضد شلل الأطفال في خمسينات هذا القرن، عمت الأخبار الأرض تزف هذا الانجاز الخطير. ونحن نتوقع اليوم أن يُعلن دوريا عن فاكسينات جديدة ضد أمراض لم تكن الوقاية منها ممكنة قبلاً، حتى ليصبح من الصعب حقاً أن يحظى أي إعلان كهذا بالعناوين في الصفحات الأولى. ولقد حظي الإعلان عن فاكسين جديري الماء باهتمام الجماهير عندما أُجيز في أوائل عام ١٩٩٥، على الرغم من أن المرض نادراً ما يتقدم ليسبب مضاعفات خطيرة، كالالتهاب الرئوي مثلاً أو التهاب المخ. ولو ظهر يوماً فاكسين للإيدز، فلا شك أن سيكون أخطر الأنباء العلمية في العالم كله.

أما الوضع عند تحرير هذا الكتاب - فالأوضاع تتغير بسرعة في حقل المعلومات - فهو بالتقريب كما يلي: تتقدم البحوث الأساسية بسرعة - ومشروع الجينوم البشري على وجه الخصوص - لتضع الأساس لتقدم مستمر في التحصين ضد الكثير من الأمراض. وهذا صحيح حتى مع تزايد شحة التمويل الفيدرالي بالولايات المتحدة. لو ان المناخ السياسي والاقتصادي كان مختلفا، لو ان بيت المال كان أكثر سخاء، إذن لتقدم البحث الأساسي بخطى أسرع حتى من هذا. في نفس الوقت سنجد أن معامل شركات البيوتكنولوجيا بالدول المتقدمة تنفق ملايين الدولارات في البحوث الموجهة نحو تطوير فاكسينات جديدة يُظن أن لها سوقا رابحة.

سنجد في غير هذه من الدول فرقا من العلماء - بعضها ممول جيدا والبعض ليس كذلك - تعمل لإنتاج فاكسينات لأمراض تصيب الناس في المناطق الأقل ترفا من العالم. من الأنباء التي تسعد حقا ما جاء من كولومبيا، حيث يبدو أن الدكتور مانويل باتارويو قد طور فاكسينا ضد الملاريا.

والملايا من أكثر الأمراض فتكا بالبشر، في مثل خطورة الجدري أيام أوجه - وهي، مثل الجدري وشلل الأطفال، من أكثر الأمراض فتكا بالأطفال. تسمى أحيانا "ملكة الأمراض"، فهي تصيب ٣٠٠ مليون شخص سنويا، وتقتل في كل عام مليون طفل في أفريقيا وحدها. هناك الكثير من الأدوية، لكن ليس ثمة شفاء أكيد، وليس ثمة علاج وقائي. يسبب الملايا طفيلي يهاجم مجرى الدم، ويكمن في الكبد، ويصيب خلايا الدم - وللأمراض الطفيلية سمعة غير طيبة في عدم استجابتها لأي نوع من الفاكسينات. أمكن إبادة الملايا من بعض المناطق لفترة محدودة باستخدام الـ "دنت" - وذلك بقتل البعوض الذي يحمل الطفيلي - لكن البعوض تمكّن من تطوير مقاومة لهذا المبيد، لارتفاع ثمانية حصيلة الملايا من المرضى. لكن أثر الملايا يمتد لأبعد من عدد الوفيات: فالكثيرون يعانون من الملايا على

نحو متقطع طوال حياتهم، وتكون النتيجة حالة مزمنة من تدهور الصحة والإنتاج.

ولقد كانت الملاريا قضية سياسية أيضا - إنما بطريقة الخاصة. لقد ارتاب القادة في الدول النامية، السياسيون منهم والعلميون، في أن فاكسين الملاريا ليس بالمرشح الجذاب لدى شركات القطاع الخاص البحثية. ثم تحقق ظنهم هذا عام ١٩٨٤ عندما سعت منظمة الصحة العالمية تطلب العون من شركة جينتيك - إحدى شركات البيوتكنولوجيا بكاليفورنيا - لتطوير وتسويق أول نموذج لفاكسين الملاريا. فحصت الشركة احتمالات تحقيق الأرباح لحاملي أسهمها من مثل هذا المشروع، وقرر نائب الرئيس لشؤون البحوث أن "تطوير فاكسين للملاريا لا يتفق مع استراتيجية عمل جينتيك". ولقد كان الرجل على حق من وجهة نظره كمدير، ومن ثم جرى معظم البحث الجاد عن فاكسين الملاريا بالولايات المتحدة في العقد التالي، جرى عن طريق مشاريع مولها وكالة التنمية الدولية والمؤسسات الخاصة. قامت وزارة الدفاع برعاية البحث وفي ذهنها تحصين الجنود الأمريكيين المقيمين بالخارج.

أثار فاكسين باتارويو قدراً كبيراً من الجدل، لأن بعض نتائج الاختبارات قد أشارت إلى أن فعاليته لا تزيد عن ٣٠ - ٣٥٪، ولأنه كان من الصعب أن يقبل العلماء بالولايات المتحدة وأوروبا أن يصدر مثل هذا الفتح الخطير من مكان مثل كولومبيا، بل إن بعض العلماء والوكالات العالمية، مثل منظمة الصحة العالمية، قد جادلوا ساخرين فيما إذا كان هذا الفاكسين يستحق حتى أن يوضع تحت اختبار واسع النطاق. وبينما كانت المناقشات محتدمة كان الدكتور باتارويو يعمل في حمية على طراز محسن من الفاكسين. ثمة ملاحظة أبداها مسئول بإحدى وكالات منظمة الصحة العالمية (البرنامج الخاص للبحث في التدريب على الأمراض الاستوائية) ملاحظة تقول الكثير عن المعدل السريع للتغير في مجال التحصين. كان

يتحدث معضداً مواصلة العمل بالفاكسين الأول لباتارويو فقال: "إنه أشبه ما يكون بشراء كمبيوتر: عليك أن تدفع لتشتري ما هو متاح الآن، والفارق الوحيد هو أنك تعلم مؤكداً أن طراز الكمبيوتر سيصبح أثرياً بعد أسبوع، أما بالنسبة لفاكسين الملاريا فسيكون لدينا وقت أطول للاستفادة به".

يفتش باحثو الفاكسينات عن طرق لتحصين الناس ضد أمراض لم يسبق التغلب عليها، مثل بعض ضروب السرطان، يفتشون عن طرق أفضل لتوصيل الفاكسينات، مثل الرشاشات الأنفية أو الحبوب بدلاً من الحقن، يستكشفون تقنيات جديدة مثل "محاكيات الفيروسات" التي تُبنى من شظايا بروتين اصطناعية بدلاً من الفيروسات المعيبة أو المثبِطة التي سببت في بعض الحالات الإصابة بالمرض المُفترض أن تقي منه. والبعض من الباحثين يعملون على فاكسينات لها أغراض أخرى: لمة قلة من المستقبليين يتنبأون بابتكار فاكسينات ضد صلح الرجال وضد تآكل الأسنان، كما أن التحصين ضد الحمل يعتبر مدخلاً واعداً. وهناك شركة شيرون الأمريكية، القائدة في مجال البيوتكنولوجيا، التي ترود الآن تطوير فاكسينات "ما بعد الإصابة"، فاكسينات يمكن أن تقلل من حدة أمراض مثل المُرْس بعد أن تصيب الشخص.

أنت لا ترى الفاكسينات تعمل، ليس من شواهد كثيرة تظهر على جسم الإنسان تدل عليها - اللهم إلا ندبة التطعيم ضد الجدري - لكن الجسم المُحصّن - رأيته أم لم تره - هو جسم مزيد بيوتكنولوجيا، ويختلف اختلافاً هائلاً عن آخر لم يُحصّن. وهناك أعداد تتزايد من البشر يتحركون بيننا الآن وأجسامهم مزيدة بطريقة أو بأخرى، تركيباً وعضوياً.

### الجسم البيوني (البيوالكتروني)

من زمان بعيد مضى، بدأ الناس يفكرون في طرق تعويضهم عما يصيبهم من حوادث كذلك التي تقضي على حياة الرئيسات الأخرى إن وقعت

عليهم - عصا مثلاً تساعد الشخص على المشي إذا كُسرت ساقه، أو رجل خشبية لمن فقد قدمه. تحكي السجلات القديمة عن استعضات أكثر طموحاً، كالأذن الاصطناعية أو الأنف الاصطناعي. ولقد تعود الناس في القرون الأخيرة على الكثير من الأدوات التي تحاول بطريقة أو بأخرى تعويض آثار الأضرار أو الأمراض أو كبر السن: نظارات، أعين زجاجية، أبواق سمع، أطقم أسنان، خصلات شعر مستعار، أطراف اصطناعية متزايدة التعقيد. ثم طَوَّر التلفزيون، في السبعينات، هذا إلى مستويات خرافية مع ابتكاره الرجل البيوني، وهذا رائد قضاء تهشم يشده في حادثة مؤسفة لصاروخ عند انطلاقه، ثم قام العلماء بإعادة بنائه فيما يشبه المعجزة. يقول صوت المعلق في مقدمة كل حلقة: "يمكننا أن نجعله أفضل مما كان، أسرع... أقوى". صنعوا له ذراعاً آلية قوية يمكن بها أن يدفع الأشرار إلى الحائط فيمروا خلاله، ورجلين قويتين يمكنه بها أن يجري أسرع من الرصاصة، وعين زوالة يمكنه تقييها وتبعيلها لرؤية الأجسام البعيدة. أما الشيء الوحيد الذي كان على ما يبدو أبعد من متناول العلم في ذلك الحين فهو القدرة على زرع موهبة التمثيل في نجم المسلسل!

أَدْخَلَ مسلسل "رجل بستانة ملايين دولار"، وشبيهه مسلسل "المرأة البيونية"، أدخلاً كلمة بيوني إلى معجم ألفاظ عامة الناس. ونحن نسيء في الواقع استخدام الكلمة في أيامنا هذه - فهي تعني، تقنياً، لقاء البيولوجيا بالإلكترونيات، ومعظم الأجهزة التي تزرع في أجساد البشر ليست إلكترونية - لكن هذا لا يهم حقاً، فاللغة التي تعلمناها منذ عقود قليلة لم تكن تحوي كلمة تغطي كل ما نفعله الآن لإصلاح وتحسين وتجميل - بل وفي بعض الحالات إنقاذ - أجساد البشر. وكان أن قامت كلمة البيوني بالمهمة (ومثلها أيضاً كلمة "الترقيع" القديمة، وهي الأخرى ليست بالكلمة المضبوطة تماماً).

منذ زمن ليس بالبعيد كنت أركب دراجتي أنتزه في عطلة نهاية الأسبوع بين مزارع الكروم في كاليفورنيا، عندما قابلت كهلاً. تحدثت معه فذكر لي أن له مفصلَ ورك اصطناعياً. قال إنه قطع بدراجته ذلك اليوم أربعين ميلاً، أو ما أقرب، وأكد أنه لم يشعر بأية متاعب، كما أخبرني أن تسليته المحببة هي الرقصة التزييعية. هذا الرجل بيوني حقيقي يرشف كأس النبيذ في فندق جيسرفيل.

لم تعد المفاصل الاصطناعية - الكتف والمرفق والرسغ والورك والركبة والكاحل، التي يتحرك بها الملايين من الناس - تثير انتباهها خاصاً في هذه الأيام. إنما يثير الانتباه غير هذه من الأجهزة الآلية: ضابط النبض، آلة بيونمية تنظم ضربات القلب - العاصرات الاصطناعية، التي تزرع قرب مثانة الرجال والنساء، ويمكن لحاملها أن يشغلها بالضغط على مضخة صغيرة مزروعة في الصفن أو في شفرتي المهبل - جراحات "ترقيع" القضيبي (وهذه ليست ترقيعاً بالمعنى الحقيقي لأنها لا تستبدل العضو الفعلي) عن طريق مغروسة مرنة أو عن طريق زرع أنابيب قابلة للنفخ لتمكّن العاجزين جنسياً من الانتصاب - بنى اصطناعية للأذن الداخلية لاستبدال العظام الرقيقة التي أفصدها مرض مزمن - مولّدات من إلكترونيات بقوقعة الأذن الداخلية أعادت السمع إلى الآلاف من الصم. هذه حتى الآن هي أعقد الأجهزة الالكترونية التي تزرع في البشر، وتختبر الآن كمبيوترات منمنمة توضع داخل العين كطريقة يستعيد بها الأعمى جزءاً على الأقل من بصره.

ولقد تطور مع مثل هذه الأدوات مفهوم جديد في الطب. فالمعروف أن هناك ثلاثة مفاهيم في الطب: الطب الوقائي (تجنب المرض) والطب الملطف (تخفيف المرض) والطب العلاجي (إيقاف المرض). أما الآن فقد أضيف مفهوم رابع: الطب الاستبدالي أو التعويضي - التمكن من وسائل لاستبدال جزء من الجسم (مفصل مثلاً) أو وظيفة (نبض القلب الطبيعي مثلاً).



ليس من الممكن أن نجعل كل هذه الأجهزة تختفي داخل الجسم، أو أن نقوم بعملها البيوني أو توماتيكيا فتمكّن حاملها من أن يحيا حياة طبيعية. ولقد نتج عن الطب التعويضي أيضا أجهزة رائعة ذات صيرير، مثل الرئة الحديدية التي يُحجز بها بعض ضحايا مرض شلل الأطفال طيلة حياتهم، ومثل القلب الاصطناعي الأول الذي أبقى يارني كلارك - طبيب الأسنان المتقاعد - حيا لمدة ١٢٢ يوما في عام ١٩٨٣. أما أول الأعضاء الاصطناعية فكان آلة الديليزة، وهذه جهاز عسير الاستعمال فعال جدا بدأ باستخدامه الدكتور ويليم كولف، مبتدع الطب البيوني، عام ١٩٤٣ على المريض ذوي الكلى المعطوبة. استمر الدكتور كولف في ابتداع صور جديدة كما هو الحال معه - صنع في الستينات آلات جيدة من ماكينات الغسيل - ولقد خطت هذه التكنولوجيا خطوات واسعة خلال ما يزيد على الخمسين عاماً من تاريخها، وهناك الآن ما يقرب من نصف مليون شخص يعيشون على آلات الديليزة، ومنها موديلات عديدة (من بينها ما يسمى الكلى الاصطناعية) هي في واقع الأمر آلات ديليزة محمولة - لكن ليس منها حتى الآن ما يمكن اعتباره بديلا ملائما للكلية البشرية الحية.

في هذه المرحلة من تقدم الطب التعويضي، تبدو الأجهزة المزعجة - مثل آلة الديليزة أو القلب الاصطناعي - مُرضية تماما إذا ما استخدمت كبداية مؤقتة - تبقى المريض حيا حتى يسيل من مرض حاد، أو حتى تُجرى له جراحة، أو حتى يُنقل إليه عضو. لكن كل شيء يتحرك، وسيغير هذا مؤكدا. ومثل الكثير من الثورات التي نحكي عنها في هذه الصفحات، فإن البيويكترونيات ثورة طفلة، وإن كانت قد أصبحت رغم صغر سنها فرعاً محترماً من الطب، كيانا متناميا من البحث العلمي، كما أصبحت أيضا صناعة مزدهرة. بها ثروات هائلة، وعنهما تظهر - على نحو دوري - منتجات جديدة.

والبعض من منتجات المستقبل ستكون تحسينات على المنتجات القديمة - أطراف أفضل ومفاصل وضابطات نبض ومغروسات. وآلات ديلزة محمولة حقاً - لكن هناك احتمالات بفتوح رائعة. يتوقع البعض ابتكار أعين اصطناعية وآذان، لا تكون مجرد بدائل تجميلية وإنما أعضاء عاملة فعلاً قادرة على الإحساس بالضوء والصوت تنقل الإحساس إلى المخ. يعمل الباحثون على مواد أقرب إلى العظام البشرية وأنسجتها، بل ويُعاد "امتصاصها" في الجسم مع الوقت ليحل محلها العظم الطبيعي وأنسجته. من بين هذه المنتجات عجيبة يمكن حقنها من خلال الجلد إلى العظمة المكسورة حيث تتصلب بسرعة إلى مادة تشبه العظم الطبيعي بل وأقوى، ثم يحل محلها بالتدريج عظم حقيقي مع الشفاء الكسر. وغضاريف الاستبدال "زيت" طبيعي نسيجا، لأنها تتخلق عن تنمية خلايا غضاريف الفرد نفسه في مستنبت، ثم حقن النسيج الناتج في المفصل المضار. ثمة عدد من المختبرات تعمل الآن في حمية على بدائل الدم، بأن تولج جينات بروتينات الدم في بكتريا أ. كولاي أو غيرها من أنواع البكتريا الصالحة. في السوق الطبية الآن بالفعل بدائل للجلد، وفي الطريق بدائل أخرى. من بين هذه منتج يُصنع بأخذ خلايا غلّة الأرواد المذكور بعد الحتان، ليضاف إليها كولاجين من الأبقار مُنقى، ثم يُستزرع المزيج الناتج في بيعة غذائية.

أما عن بيولوجيات (بيوتكنولوجيات) المستقبل، فالبعض منها مما يمكن التنبؤ به، بينما يستعصي البعض الآخر على التنبؤ. يمكننا أن نتنبأ بتقدم علم/ صناعة/ فن استبدال أعضاء جسم الإنسان ووظائفه - ربما بسرعة كبيرة، لكن بالطبع ليس بالسرعة التي يأملها من يحتاج هذه الأعضاء. لكننا لا نستطيع أن نتنبأ بأفضل ما سيصلح من مواد ومداخل وتكنولوجيات. ثمة حصان غير متوقع قد يفوز في هذا السباق: تجديد الأعضاء - تنمية عضو كامل من بضع خلايا. يقول أحد الباحثين: "إذا أمكن مثلاً أن تبدأ بخلايا الفرد ذاته فتجدد منها كبده، فإنا بذلك نتجنب مشاكل رفض الأعضاء، أو ما يرتبط بها من معضلات في كبت المناعة. ومثل هذا الفتح سيسمح بعلاج

عدد من الأمراض مثل استبدال البنكرياس لدى مرضى السكر، وتجديد الأمعاء في التهاب غشاء القولون المتفرح وما يرتبط به من علل الأمعاء.

وظني أننا سنرى لقاءات أكثر - استبدال أجزاء من الجسم مُهندسة جزئياً عن خلايا حية وأنسجة، وجزئياً عن عناصر ميكانيكية والإلكترونية. هناك بالفعل إشارات على أن هذا يحدث، لكننا نستطيع أن نقول إن الطب التعويضي يتقدم الآن في واحد أو اثنين من طريقتين ليسا منفصلين تماماً: الأدوات الاصطناعية، ونقل الأعضاء.

### قلوب جديدة لكبار السن:

لا تزال البيونيا تحمل، لدى الكثيرين منا، مسحة من شذا الخيال العلمي - على الرغم من الاحتمال القائم بوجود شخص ما في عائلتك يحيا بضابط نبض أو غفصل اصطناعي. أما نقل الأعضاء - وهو انجاز لا يقل في تعقيدته التكنولوجي عن البيونيا - فينتهي إلى عالم الأدب المسرحي. هناك شيء ما حول نقل الحياة من شخص إلى آخر - أن نأخذ عضواً من شخص ثم نزرعه في آخر - شيء يلاحقنا حيث كنا.

نقرأ إذن وتحرك مشاعرنا قصة الأبوين الأمريكيين اللذين قُتل ابنهما ذي السنوات السبع في إيطاليا برصاصة طائشة أطلقها لص - فرتبا الأمر للتمرع بأعضائه للأطفال الإيطاليين. ونذكر لا زلنا الفيلم المؤثر الذي بثه إحدى محطات التلفزيون عام ١٩٩٥ تحت عنوان "قلب لأوليفيا"، عن طفلة نورث كارولينا التي كانت أصغر من زرع به قلب جديد - كان عمرها أقل من ساعتين. (كان قلبها المصاب يتشوه قاتل قد اكتشف وهي لا تزال جنينا في شهره الخامس؛ وكان صاحب القلب طفلاً ولد مع ميت في سبوكن واشنطن).

وتاريخ زرع الأعضاء أقصر من تاريخ البيونيا والجراحة الترميمية. هناك بالطبع أساطير عن محاولات لزرع أطراف وأنوف وآذان وجلد، بل وحتى أعضاء داخلية. ولقد تم بالفعل بعض التقدم في جراحة نقل الأعضاء في

أوائل القرن العشرين - لكن معظم هذه الجهود، حتى ما بدا منها في أول الأمر أنه ناجح، أحبطته استجابة الجسم بالرفض.

أما ما حدث مؤخراً من زيادة مذهلة في عدد العمليات الناجحة لنقل الأعضاء، فيرجع جزئياً إلى ما تم من تقدم في تقنيات الجراحة - وقد تم الكثير منها على الحيوانات - لكن الجزء الأكبر يرجع إلى التقدم في علم العقاقير. كثيراً ما تبدو عملية النقل نجاحاً مدوياً - تدب الحياة بالكلية المنقولة كما لو كان الأمر سحراً، وتكتسب اللون، وتبدأ في العمل - ثم تتحول لتصبح كارثة عندما يكتشف الجهاز المناعي للمتلقي العضو الغريب، فيدمره. ولقد غيرت اليوم معلومات الجديدة هذا. اكتسب علماء الطب تفهماً دقيقاً يتزايد للطريقة التي بها تصنع الاستجابة المناعية ما تصنع. ثم أنعم الله عليهم بالكشف الرائع عن عقار يمكن استخدامه في معادلة هذه الاستجابة.

طورت شركة ساندوز السويسرية للعقاقير هذا العقار (سيكلوسبورين أ) من فطر نادر له قرابة بعيدة بالفطر الذي أنتج البنسلين من عقود معدودة. بدا كشفه كالصدفة السعيدة - بل ولقد كان، بشكل ما، هكذا فعلاً - لكنه كان أيضاً نتيجة الإجراءات التي صُمِّمت بحيث يُجعل مثل هذه المصادفات ممكنة. صدرت التعليمات لعلماء ساندوز بأن يعودوا بعينات من تربة أي مكان يزورونه. وعاد بعضهم من رحلة بالترويج ومعه كمية من تربة سهول التندرا. حُلِّلت هذه إذن، فوجدوا أنها تحمل فطراً رأى الباحثون أنه قد يصلح كمضاد حيوي أو مضاد للفطر - لكن نتائج الاختبارات لم تكن مشجعة، فأهمل على الرف بجانب ما لا يعد أو يحصى من العينات المجلوبة من هنا وهناك، إلى أن اكتشف أحد البيولوجيين بالشركة أن لهذا الفطر خصيصة رائعة هي كبت الاستجابة المناعية دون أي من الآثار الجانبية التي تحدث عن العقاقير الأخرى. وحتى مع هذا، فقد تطلب الأمر وقتاً لاقتناع الإدارة بالبداية في إنتاج العقار واختباره عند نقل الأعضاء - تطلب

الأمر ثلاثة عشر عاماً منذ وصلت العينة من النرويج عام ١٩٧٠ وحتى صرحت مصلحة الغذاء والدواء باستخدام السيكلوسبورين (سنة ١٩٨٣). وبسرعة، أصبح هذا العقار هو ثالث أكبر منتجات الشركة مبيعا في العالم - في الولايات المتحدة أولاً حيث تجرى معظم عمليات نقل الأعضاء. يقول الصحفي الطبي مارك دوري: "ربما لا يكون السيكلوسبورين قد ثَوَّرَ الطب، ولكنه بالتأكيد قد ثَوَّرَ نقل الأعضاء، وقد يُثَوِّرُ نقلُ الأعضاء الطبَّ".

وعلى الرغم من أن السيكلوسبورين هو أبعد عن أن يكون العقار الكامل المضبوط، فإن فيه ما يكفي لجعل نقل الأعضاء إجراءً طبياً شرعياً يتزايد استعماله، وفيه ما يكفي لتسهيل تطوير كل ما يلزم من تغييرات من أجل هذا الاستعمال: تحسينات في الجراحة وفي طرق التخزين الاحتياطي للأعضاء، ونقلها، سن القوانين والتشريعات الجديدة، تغييرات في القيم الاجتماعية والرأي العام، وضع نُظُم جديدة للمعلومات لتسهيل الربط بين الواهب والمتلقي.

أتصور أنه قد يبدو لبعض القراء أن اتجاهي تجريدي وبعيد، في جدي حول عصر المعلومات إذ يخلُق نماذج كرضية جديدة للربط بين الناس. فإذا لم تكن من العلماء، فقد لا تشرك كثيراً النُظُم الشبكية لبنوك المعلومات وقواعد البيانات. لكنك إذا نظرت إلى القوائم المتزايدة الطول لمن يطلبون نقل الأعضاء، وإلى الشبكات المتزايدة العدد لتبادل المعلومات، وإلى الأعداد المتزايدة ممن يعيشون بقلوب منقولة من آخرين، وكُلَى، وقرنيات، ودم، وأنسجة، فمن الصعب ألا تُدرك أننا قد أصبحنا مترابطين بشكل لم يسبق أن كانه أي نوع آخر - لا أقصد فقط مترابطين مع آلائنا، وإنما مترابطين أيضاً مع بعضنا بعضاً.

### التغذية البيولوجية المرتدة:

من بين أعجب ما أذكره عن أواخر الستينيات، أنني كنت أتخذ طريقي في دروب لوس أنجلوس متجهاً إلى معمل أبحاث فضاء، وهناك أمضي إلى

حجرة هادئة مظلمة، فأجلس ساعة أو نحوها مستغرقاً في التأمل وثمة إلكترونيات متصلة برأسي .

كان هذا جزءاً من برنامج بحثي يقوده سيكولوجيون يدرسون قدرة الناس على ممارسة السيطرة المتعمدة على نماذج موجات مخاضهم. كنت واحداً من المتطوعين، وكان عليّ أن أتعلم كيف أصل إلى حالة "الموجة ألفاً" - التي تُقاس بمترسمة موجات الدماغ - والتي أثبتت الأبحاث مؤخراً أنها الحالة التي يصلها المتأملون المتقدمون. وعلى عكس هؤلاء، فقد تميزتُ بنظام إلكتروني مرتدٍ يصدر مهمة مستمرة مقبولة، عندما يصدر بحثي النقرات الصحيحة. بسرعة تعلمت - مثل معظم من يؤدي هذه التمرينات - أنني أستطيع بسهولة أن أبلغ حالة ألفاً، دون أن أدرك تماماً كيف أفعل ذلك. أستطعتُ السيطرة على موجات بحثي.

ارتدت إلى هذه المغامرات البيولوجية المبكرة عندما قرأت عن التجارب التي يستخدم فيها الناس موجات المخ في تحريك شفرة على شاشة الكمبيوتر، أو حتى في التحكم في حركات محاكيات الطيران. أجريت التجارب على الكمبيوتر بمركز وادزويرث في ألباني نيويورك. يجلس شخص، تتصل بفروة رأسه إلكترونيات، أمام شاشة ينظر إلى شعرة وإلى هدف قائم الزاوية على ركن من الشاشة. والكمبيوتر الذي تتصل به هذه الإلكترونيات، مُبرمج لترجمة الانبعاثات الإلكترونية الضعيفة، التي يصدرها المخ، إلى حركة للشعرة. ومهمة الشخص هي أن يشاء أن يُدخل الشعرة في الهدف، الذي قد يحركه المحرب من ركن إلى آخر بمجرد أن يبقى الأمر مثيراً. تمكن الأكثر خبرة من الأشخاص من وضع الشعرة في الهدف في سبعين محاولة من مائة. قال معظم الأشخاص إنهم استخدموا في البداية التصور الذهني البصري في تحريك الشعرة؛ فلقد يفكرون مثلاً في شيء طافٍ يدفعها في رفق إلى أعلى، لكن لم يعد من الضروري بعد فترة أن يستدعوا مثل هذه

التصورات. أصبح في مقدورهم تحريك الشعرة حتى أثناء تحدّثهم مع شخص آخر. لكنهم لم يعرفوا كيف يقومون بذلك.

كان المفحوصون في مشروع السيرناتيقا البيولوجية الذي نُفذ في قاعدة رايت - باترسون الجوية بأوهايو - كانوا يُربطون بالأسلاك في طائرة مُقلّدة - صندوق كبير بلا نوافذ. تعلّموا كيف يكيفون موجات مخاضهم (دون لمس مفاتيح التحكم) ليرسلوا إشارات تسبب في أن يتدحرج المحاكى من جانب إلى آخر، كما يحدث عندما تُحوّل الطائرة إتجاهها. كانت الفكرة أنه قد يتمكّن الطيارون بهذه التقنية في النهاية من أداء مهام صغيرة، مثل تغيير محطة الراديو وأيديهم حرة تفعل شيئا آخر - أو ربما مكنتهم من أن يطيروا الطائرة بهذه الطريقة.

دخلت التغذية المرتدة البيولوجية - وما سبق كان بضعة أمثلة لها - دخلت الوعي العام في الستينات، أخذت على أنها روح ذلك العصر - اكتشاف العقاقير المخدرة، التحمس للتصوف الشرقي، الشعور بأن حل كل شيء قد غدا قريبا، الدوّار الذي شاع حول قوى المخ غير المُستغلة. ولقد كانت لها أيضا ادعاءاتها عن الاحترام العلمي. كانت تستخدم الآلة، مما طمأن العلماء الأمريكيين فلم يبنذوها كموضوع سطحي. ثم إن آثارها يمكن أن تُقاس وتُختبر. ولم يكن من الصعب إثبات أن المرضي قد تمكّنوا حقا من أن يتعلّموا أن يخفّفوا ضغط دمهم، وأن يغيروا درجة حرارة جلودهم، وأن يغيروا عدد نبضات قلوبهم.

لم تتمكن التغذية المرتدة البيولوجية من تحقيق آمال أكثر مؤيديها حماساً، مثل الدكتورة بربارة براون - التي كانت تجري بحثاً عن هذه التغذية المرتدة في لوس أنجلوس، تقريبا في نفس الوقت التي كنتُ أقوم فيه بدور حيوان التجارب - وادعت أنها "أقرب ما اكتشف إلى الدواء الذي يشفي من جميع الأمراض". لكن اتضح أن "الاستقبال الزبد للحس العميق" - كما يسمى أحيانا - له الكثير من الاستعمالات في علاج مشاكل كصداع

التوتر، وتقلص العضلات، ومتاعب الكلام - والفوبيا (الرهاب)، والأرق، والإدمان، والعجز الجنسي. ثمة دراسة حديثة تقول إن "الدعم العلمي لتطبيقات التغذية المرتدة البيولوجية قد تزايد بوضوح، على الرغم من التشكك والنقد وتعقيدات إجراء البحوث ذات المعنى والجودة في هذا الميدان".

والتغذية المرتدة البيولوجية هي مثال ساحر معبر لفجوة مازليش الرابعة - اختفاء الحدود بين الإنسان والآلة. ولقد يبدو من السهل أن نفترض - كما يفعل الكثيرون - أن مثل هذه الروابط ستجردنا من إنسانيتنا، وستقلل من قدرات الفرد واستقلاله. لكن قدرة الشخص تزداد مع "الاستقبال المزيد للحس العميق". لقد نقضت التغذية المرتدة البيولوجية الفروض النظرية السابقة عن عدد المهام الجسدية التي يمكن للعقل الواعي أن يتحكم فيها، واجهت تلك الفروض عمليا بحالة مريض السكتة إذ يوصل بالمرسم العضلي الكهربائي ليتدرب على تحريك عضلاته المشلولة. الآلة ذاتها لا تحرك العضلة، إنما توفر للمريض المعلومات البيولوجية فيستخدمها في استعادة السيطرة على جسده. ولقد أصبح هذه جزءاً من تغير ثوري في حياة البشر إذا ما استفدنا منها كما يجب.

### مريض المعرفة (والطبيب المزيد)

يخبرنا بيتر داركر أن مجتمع المعلومات قد خلق ضرباً جديداً من العمال - "عامل المعلومات" - لا يمكن ببساطة أن يُساس بالقواعد التي كانت تصلح أيام رجل التنظيم ومهمة عمال المناجم. كتب هارلان كليفلاند عن "مدير المعرفة التنفيذي" الذي يحتاج إلى تصور للقواعد الجديدة - وإلى أن يدرك أيضاً أن القواعد الجديدة سرعان ما ستحول إلى قواعد قديمة.

وبنفس الشكل، فقد بدأنا نكتشف في السنين الأولى من عصر اليوم معلومات أن الحفاظ على الصحة لن يظل مثلما كان قبلاً. لقد تزايد عدد المجالات التي تخضع للعقل البشري وللمعلومات والخيار. منذ زمن ليس



بعيدا كانت الأمراض هي ببساطة ما يحدث للفرد منا، هي التصيب والقسمة. ولا يزال بيننا حتى الآن من يعتقد أن مرض الإيدز هو عقاب من الله حل بنا بسبب الانحراف الجنسي وإدمان المخدرات - لكن معظمنا يرى في الإيدز فيروساً قد ينتقل من فرد إلى آخر وقد لا ينتقل - تبعاً لطريقة ممارسة الجنس وطريقة تعقيم الحقن. حب الخير - كما تقول ماي ويست - لا علاقة له بالموضوع، المعلومات لها كل العلاقة به.

تُحوّل ثورات البيومعلومات الطب، وهذا التحول يمضي إلى أعماق مما قد تتصوره من قراءة الأخبار عن آخر الأدوية والفاكسينات والعلاجات. الواضح أن الاختصاصيين الطبيين يستوعبون الآن الكثير من المعلومات، ويتعلمون مهارات جديدة. أما الأقل وضوحاً فهو أنهم يتعلمون أساليب جديدة: استخدام النماذج مثلاً في سر جسم الإنسان ومعرفة طريقة عمله. هم يُدفعون إلى أن يصبحوا "المُداوين بالمعرفة" - هم ليسوا عارفين بالمعنى العتيق فقط، وإنما هم أيضاً مهرة في الإبحار داخل الشبكات وقواعد البيانات إذا ما أرادوا تعلم شيء جديد، كما أنهم عارفون بالقواعد التي بها تعمل المعلومات أو لا تعمل.

ورغم ذلك فقد لا يكون هذا كله بأكثر من قمة جبل الجليد، الجزء المرئي من الثورة الطبية الجارية، والأقل نسبياً في الأهمية. والكثير مما يتم الآن يتحدى الهياكل الأساسية للممارسة الطبية، ويُعدُّ بنهاية زمان يقدم فيه المريض في مذلة جسده للإصلاح، ويتقلد فيه الأطباء السلطة إلهية. يعلم الله أن هناك من حولنا الآن الكثير من الأطباء المتسلطين، وهم ليسوا بأكثر من ديناصورات. إن أفضل علاج في زماننا هذا يتضمن تعاون المريض تعاوناً نشطاً عارفاً، والكثير من المنتجات التي تخرج عن لقاء البيوتكنولوجيا بتكنولوجيا المعلومات تشير إلى هذا الاتجاه.

هناك مثال لهذا التعاون نجده في اختبار الحمل بالمنزل - وهذا واحد من أول منتجات البيوتكنولوجيا مرّ دون خلافات تقريباً. وثمة مثال آخر هو

أجهزة الاحساس البيولوجية (وهذه آلات إلكترونية يمكنها أن تقيس أوتوماتيكيا مستويات مواد معينة). ومعضدو هذه التقنية يتوقعون أن يقوم المرضى بإجراء اختبارات الدم في منازلهم، لينقلوا المعلومات إلى المعمل، أو هم يتوقعون من المرضى بالأمراض المزمنة أن يراقبوا أنفسهم بأنفسهم.

تستخدم الصورية البيوطبية والنمذجة الآن ليس فقط لمساعدة الأطباء والباحثين وطلبة الطب في عملهم، وإنما أيضا لمساعدة المرضى على تفهم طبيعة مشاكلهم الطبية، وعلى أن يقوموا - بناء على المعلومات - بخيارات أفضل من بين العلاجات الممكنة.

اقترحت مقالة ظهرت بمجلة "عالم مزود بالأسلاك" (وايارد) المهمة بشئون الكمبيوتر، اقترحت "الاتصالات الموجهة نحو الصحة" (هوت) كطريقة لدفع هذا الاتجاه إلى الأمام دفعة هائلة. أشارت المقالة إلى أنه "من بين كل الأفعال التي تشكل "الليخطة" الكبيرة التي نسميها "الرعاية الصحية"، سنجد أن الغالبية العظمى ليست سوى تحويل معلومات - لا هي حقن ولا جروح ولا حبوب دواء. قد تكون المعلومات تشخيصية (أشعة إكس، دلالات حيوية، مظهر المريض وإحساسه) وقد تكون المعلومات علاجية (وصفات طبية وأوامر بإجراء اختبارات) وقد تكون استشارية (الالتهاب الرئوي شيء، يا طبيبي العزيز، لكني لا أحب رؤية هذه الإفرازات)، وقد تكون تعليمية (يا سيدتي، لمصلحة الجنين عليك أن تحافظي على وزنك أثناء الحمل، هذا ليس وقت "التخصيس" السريع). وقد يكون الأمر متعلقا بالقواتير وقضايا التأمين". تذكر المقالة أيضا أن الكثير من هذه المعلومات، حتى في أيام التكنولوجيا الرفيعة هذه "تعالج بطرق كانت تسعد تشارلس ديكنز كثيرا" أما الحل الذي قدمته مجلة "وايارد" فهو إقامة شبكة جديدة لتبادل المعلومات تشجع اتصالات واسعة النطاق بين المرضى والأطباء والباحثين وعمال الطوارئ والمحامين من كل لون - شبكات تضم ضحايا نفس المرض أو العلة.

كثرت أكثر. الواضح أن نمو الزَّيْد البيوني (البيوإلكتروني) هو واقعة اجتماعية. هو لا يخلق فقط روابط ما بين البشر والآلات، وإنما يخلق أيضا ما شئت من روابط جديدة بين الناس. وهناك من الأسباب الوجهة ما يجعلنا نتوقع أن تستمر هذه العملية. ثمة بُعد هام آخر لهذا التحول التطوري، يُعد لم نفحصه بعد. فمع تحول البشر ليصبحوا ضروبا أخرى من الحيوانات، ضروبا حياتهم مَزِيْدَة بطرق عدة، فإنهم سيشكّلون أيضا أنماطا جديدة من الروابط مع الكائنات الحية الأخرى. إن ما يجري من تحول تطوري قد جاء عن فعل الانسان. لكن آثاره لا تقتصر على البشر. إنه يلمس كل الحياة على الأرض.



## الفصل السادس

### الرابطة البشرية الحيوانية

س : أي صمام وضعوه في قلبك؟

ج : يقولون إنه صمام خنزير، لأنه جاء من قلب خنزير. أبكي في كل مرة أمّر أمام طبق فيه شواء، فقد يكون ما به لحم واحد من أقاربى.

— السيناتور جيسى هيلمز.

كل الحياة على الأرض في تفاعل - ليس هناك كائنات تحيا منعزلة حقاً، من البداية إلى النهاية - وثناء الحياة لا يتجلى فقط في تنوع الكائنات، وإنما أيضاً في تنوع الطرق التي بها تتعاون أو تتنافس.

هناك على سبيل المثال الدراما القديمة للصائد والفريسة - الذئب والرنّة، الأسد والتيتل - وفيها يعتمد المفترس في غذائه على فريسته، لينجز المهمة الدارونية القاسية: التخلص من الضعيف وتقييد حجم القطيع.

وهناك أيضاً تفاعلات ودية للدعم المتبادل. سمك الليروس المنظف، المواطن المحبوب بالشعب المرجانية في الباسيفيكي. ينشيء الليروس ما يشبه محطة الخدمة، تصطف فيها الأسماك لتحظى برعايته. فإذا ما حل الدور على سمكة تدلت في وضع ساكن وكأنما في نشوة وفتحت فمها، ليقوم الليروس بفحصها، ثم يلتقط الطفيليات من على قشورها وخياشيمها، بل وحتى من داخل فمها. ولقد تسبح سمكة الليروس إلى داخل فم سمكة كبيرة لتنظف أسنانها دون أن تؤكل!

كما سنجد أيضا الخنثى الفطير مثل سمكة البليبي التي تفتح لنفسها محطة تشبه محطة اللبوس للتنظيف. فإذا ما ارتادته سمكة كبيرة ودخلت إلى حالة النشوة قبل التنظيف، قضمت سمكة البليبي من جانبها قطعة وفرت هاربة بأقصى سرعة. وهناك النباتات المنتجة، مثل أوركيدة أوفريس. لهذا النبات زهرة تشبه أنثى النحل في هيئتها وغمواتها، بل وتطلق رائحة تشبه رائحة النحلة، تغري بها ذكر النحل فيحاول التزاوج معها، وينحز بذلك عملية تلقح الزهرة.

ثم هناك أيضا التعايش الحقيقي، كذلك التدابير ما بين النمل الأبيض أكل الخشب، والبروتوزوا التي تعيش في أمعائه. ليس للنمل الأبيض القدرة الوراثية التي تمكنه من أن يحصل على غذائه من الأخشاب، لكن البروتوزوا تستطيع: فهي تفرز إنزيمات يحلل السليولوز. لا تستطيع البروتوزوا أن تحيا خارج النمل الأبيض، ولا يستطيع النمل أن يقوم بتخصصه المهني دون البروتوزوا.

تمضي في نفس الوقت بكل نظام يعني كل صُور مثل هذه التفاعلات، في نماذج معقدة تتغير أبدا. والغالبية العظمى من هذه التفاعلات غريزية، نجمت عن التطور الوراثي، تلك العملية البطيئة الغامضة من التجربة والخطأ. تعتمد النباتات والحيوانات الدنيا على البرنامج التي تولد به، أما الحيوانات العليا فالأغلب أن تنتسب إلى أنواع أخرى، جزئيا عن طريق الغريزة وجزئيا عن طريق ما تتعلمه بعد الولادة: يتعلم الذئب الصغير أن يأكل الأرنب وألا يقترب من الشبه (أبو شك). لا يزال العلماء يتعلمون كيف التعلم، ولا يزالون يتجادلون طويلا حول: أين تكف الجينات وتبدأ الثقافة - لكن هذا القدر واضح: لقد طور الجنس البشري مدى غير مسبوق تماما من العلاقات مع الأنواع الأخرى، ومعظم هذه الابتكارات. ولا زالت الابتكارات تتواتر، بل الحق أنها تظهر بأسرع من أي وقت مضى، تتغير العلاقة بين البشر والحيوانات الأخرى بطرق جذرية. هذا ملمح محوري للتطور الآن.

## نحن و هم

في الماضي، أثناء تطوره ، كان الانسان يرتحل باستمرار علاقات جديدة مع الكائنات الحية الأخرى ، ومع هذه العلاقات كان مسار التطور يتحول بالنسبة للأنواع الأخرى أيضا. أصبحت الكلاب، التي تلمها النار، رفاقا للإنسان، فقام هذا بالانتخاب فيها لمنتجات هذه السلسلة الهائلة من الكائنات: من الشيهوا هوا إلى الداني ، من الدرواسي الشرس إلى الكلب الراعي الأنيس العصبي بعض الشيء الذي يجلس الآن تحت مكتبي يهرش. تحولت الأغنام والماعز، وكانت يوماً صيد الإنسان، فغدت مستأنسة، يرعاها ويربها، ويبعدها في آخر الأمر عن مواطنها الطبيعية إلى مراعي أكثر خضرة. تغيرت النظم الإيكولوجية حيثما ذهب القطعان، وأصبحت المفترسات أعداء شعوب الرعي - الأمر الذي كان يعني أيضا أن مصيرها التطوري قد تأثر هو الآخر. كذا يمضي الأمر. درجات من التغير تنداح إلى الخارج مع كل تحول بشري، تُغيّر العالم وكل ما فيه.

اعتمدت شعوب الصيد والرعي على الحيوانات فيما هو أكثر من مجرد توفير الغذاء. جلودها غدت ملابس وماوى، عظامها أصبحت أدوات، ودهنها تحول إلى وقود ودواء. ظلت العلاقات دائما نفسية عميقة، بجانب كونها منفعية: في طقوسهم وأساطيرهم، مع طواطمهم ورموزهم المقدسة، لجأت الشعوب البدائية إلى قوة الحيوانات، التمسّت منها الحماية، بل جعلتها آلهة. لا زالت الطوطمة معنا، تجدها في غور ديترويت، سناجب منيسوتا، في أسماك القرش لسان جوزيه، في الدية الهزلية والعُقاب إذ تتقافز على الخطوط الجانبية في مباريات كرة القدم. تتبختر الحيوانات، ترمح، تطير وتزلق إلى ألقاب العائلات، إلى معاطف الجنود، إلى الشارات العسكرية، إلى العلامات التجارية.

لكن، على الرغم من هذا التعلق الحميم بكل أشكال الكائنات غير البشرية، وعلى الرغم من الاعتماد عليها - أو ربما بسبب ذلك - ظل الإنسان يضرر مخاوف دنيئة من أن تصبح علاقته بالحيوان علاقة وثيقة - أن ينزل هو نفسه إلى الحيوانية. تظهر صور الحيوانات بكثرة في التابوهات وفي الطواطم. وفي الفولكلور المسيحي يظهر الشرير كثيراً في صورة نصف حيوان - له ذيل وقرون وأظلاف مشقوقة. كانوا في أوروبا القرون الوسطى يعدمون الناس إذا ثبت عليهم خطيئة نكاح الحيوان، وكثيراً ما كانوا يعدمون أيضاً الحيوان المسكين الذي اشترك في الجريمة.

كان الخوف من ضياع الحدود ما بين الحيوان والإنسان - لا مجرد التشكك العادي أو التقوى - هو المصدر الرئيسي للمعارضة الفظيعة التي قوبلت بها نظرية التطور لداروين. فعلى الرغم من أن كتاب "أصل الأنواع" لم يذكر شيئاً صريحاً عن القرابة بين القردة العليا والإنسان، فقد كان الانطباع العام هو أن الكتاب يؤكد مثل هذه القرابة - هو يربط البشر بكل الكائنات الحية - "تلك القرابة، التي لم تكن على البال، بيننا وبين عيش الغراب" كما وصفها الأسقف صمويل ويلبرفورس المعارض البارز للدارونية. (كان هذا هو الأسقف الذي سألت هـ. هكسلي، زميل داروين، في نقاش بينهما عما إذا كانت قرابته بالقردة قد جاءت عن جدته أم عن جده، فرد عليه بأنه يفضل أن يكون سليل قرد لا سليل الأسقف ويلبرفورس). وهذا الخلاف - الذي لا يزال مشتعلاً - هو في أصله حرب حدود، معركة للحفاظ على حدود واضحة بين حياة الإنسان وحياة الحيوان. لكن، على الرغم من أن الحدود الفاصلة قد تكون واضحة في أذهان دارسي الإنجيل، فإنها بقيت أبداً غير واضحة على مستوى حياتنا البيولوجية اليومية - وتظل أقل وضوحاً طول الوقت. من بين أكبر سخریات عصر المعلومات أننا نصبح، حتى مع هذه القفزة التطورية الهائلة



التي قام بها البشر والتي تخيلنا بعيدا بعيدا عن أي حيوان آخر، حتى مع هذه نبقى أكثر تشابها مع بقية أحياء الأرض.

## مزرعة الحيوانات

على الرغم من أن بعض استخدامات الأنسجة المتعاملة داخل جسم الانسان - مثل صمام قلب السيناتور هيلمز - قد غدت أمراً روتينياً، إلا أن ازدياد أعضاء كاملة من حيوان إلى إنسان قد باءت حتى الآن بالفشل. لقد حاول الكثيرون، وأعلنوا عن ذلك أحيانا بالبنط الكبير. من بين الحالات المعروفة حالة الطفلة التي عرفها الناس باسم "الطفلة في". ولدت الطفلة بعطب قاتل في القلب، فنقل إليها قلب يابون. ماتت الطفلة بعد ٢١ يوماً من إجراء العملية، ووجه نقد حاد إلى الجراح الذي قام بالعملية. جاء النقد عن المدافعين عن حقوق الحيوان، مثلما جاء عن الكثيرين من زملاء المهنة الذين شعروا بأن تصرفه كان غير مسئول - أنه، كما يرى البعض، كان متلهفا على إجراء التجربة فقصر في البحث عن قلب بشري.

لكن الأعضاء البشرية المتاحة للنقل لا تزال أقل بكثير من الطلب عليها؛ يموت بالولايات المتحدة الآلاف وهم ينتظرون أن تتاح لهم الأعضاء المناسبة. يتطلع الباحثون الطبيون إلى إمكانية زرع الأعضاء الحيوانية في البشر على مستوى واسع. كتبت مجلة "نيو ساينس" تقول: "يتسابق البيولوجيون الآن لتطوير مصدر جديد محتمل للأعضاء: حيوانات المزرعة. يتصور الباحثون مزارع أعضاء تربي فيها الخنازير والأغنام، وربما أيضا غيرها من الحيوانات، ليس فقط من أجل لحومها وإنما أيضا من أجل أعضائها الرئيسية".

والمشكلة التقنية هنا - بجانب ما نعرفه من مشاكل أخلاقية وقانونية واقتصادية - هي اكتشاف وسيلة نتخطى بها جهاز المناعة البشري، الذي يقف يقظا متأهباً ضد أي نسيج غريب. يمكننا بكفاءة عالية أن نحيد خطأ

من خطوط الدفاع -- خلايا ت - عند زرع عضو بشري، وذلك بعقاقير كابطة للمناعة، مثل السيكلوسبورين. فإذا حاولنا أن نزرع عضواً من نوع آخر، كانت النتيجة المألوفة هي الفشل، الرفض الحاد، بسبب سلاح آخر يسمى الجهاز المنعم - وهذا أسطول من بروتينات تتحرك دون كلل في مجرى الدم، وتعتقد حول ما تكتشف أنه غريب، ليكون مصيره التدمير.

والبروتينات المنعمة لا تُميز الأنسجة البشرية، لأن لها دفاعات خاصة - تسمى البروتينات الوقائية - مهمتها المحددة هي تحييد مثل هذا الهجوم. ينتج كل البشر هذه البروتينات طبيعياً، لكن الحيوانات الأخرى لا تنتجها؛ وهذا هو السبب الرئيسي في أن يرفض جسم الطفلة "في" قلب البابون.

والحل المنطقي لهذه المشكلة هو إنتاج حيوانات محورة وراثياً تحمل بروتينات الوقاية البشرية. ثمة عدد من الفرق المختلفة يعمل الآن في هذا الخط من البحوث، ويتباحث كبير. هناك فريق بالمجلترا قام بتربية بضعة أجيال من خنازير غير - جينية. وربما تكون التجارب الإكلينيكية على المتطوعين من البشر قد بدأت عندما يصدر هذا الكتاب، فالكثيرون ممن يعرفون أنهم سيموتون عاجلاً إذا لم تزرع بهم الأعضاء التي يحتاجونها، سيوافقون على الاشتراك في أي تجربة قد تنقذ حياتهم، وهم على الأقل سيسهمون ببعض المعلومات التي قد تنقذ حياة آخرين.

فإذا ما ثبت نجاح هذا المنهج - وسينجح على الأغلب عاجلاً أو آجلاً - فستوفر لدينا حل فعال للعجز في الأعضاء الجاهزة للنقل، وسيُفتح أيضاً فصل جديد في تاريخ رعاية الحيوان - بل وفي تاريخ الحياة على الأرض - فلم يكن هناك يوماً حيوان قادر على أن يتبادل أعضاءً منه بكاملة مع حيوان من أي نوع آخر. يري جون آتكسون، أحد قادة هذا المجال البحثي، يرى في الخنزير مرشحاً طيباً جداً. يقول: "الخنزير مثالية بشكل ما، فأعضاؤها تلائم البشر حجماً، وتشريح الأعضاء يشبه كثيراً تشريح أعضاء الإنسان.

ولقد تكون الخنازير الصغيرة صالحة تماماً للأطفال المصابين بالتليف الكيسي المحتاجين مثلاً إلى رئة". أضاف أن الخنازير لا تحمل إلا القليل من الأمراض التي يمكن أن تنتقل إلى الإنسان. فإذا أصبحت هذه ممارسة شائعة، فمن المحتمل أن تمر الخنازير بعد ذبحها وقبل تسويقها "لتُحصَد" منها الأعضاء القابلة للاستعمال البشري، تماماً كما يحدث مع أجساد الواهبين من البشر بعد موتهم مباشرة. ولقد تربى الخنازير وغيرها من الحيوانات لهذا الغرض خصيصاً، ليصبح اللحم هو المنتج الثانوي - فالأعضاء الحية لا شك أعلى قيمة بكثير من لحم الخنزير.

### التجريب والاختبار على الحيوان

أناقش أحياناً مع أصدقائي احتمالات أن يجري في المستقبل القريب حصد أعضاء الحيوانات للاستعمال الآدمي. لاحظت أن الاشتزاز من فكرة استخدام أو استغلال أحياء أخرى هو رد الفعل الذي يتكرر كثيراً حتى من أناس يلبسون أحذية جلدية ولا يمانعون في التهام شريحة لحم على مائدة عشاء ما بين الفينة والفينة. نقل الأعضاء من البشر إلى البشر، على الرغم من كل تعقيداته الأخلاقية، يبدو أسهل قبولاً.

فوق كل عملية نقل أعضاء للبشر - أيا كانت إجراءاتها الجراحية - تُحوّل أشباحُ كائنات لا حصر لها، صغيرة وكبيرة، ضحيّنا بأجسادها من أجل أن نعرف شيئاً. تبني كل معجزة من المعجزات الطبية على قواعد من الأحياء. أنت لا تُطعّم ضد مرض، أو تعالج أسنانك، أو تتعاطى دواء وصفه لك الطبيب، أو حتى تنظف أسنانك بالفرشاة، دون أن تعتمد على المخزون الهائل من المعلومات الناتجة عن التجريب والاختبار على الحيوان.

ليس لدينا إحصاء مضبوط تماماً عن عدد الحيوانات التي استُخدمت في الماضي أو التي تستخدم الآن؛ لكن العدد يحسب بالملايين. هناك تقرير أصدره مكتب تقييم التكنولوجيا يقدر عدد الحيوانات التي تستعمل سنوياً بالولايات

المتحدة بنمو ١٧-٢٢ مليوناً، بينما يقدره بعض ممثلي حركة حقوق الحيوان بما يقرب من مائة مليون. تنتج معامل تربية تشارلس ريفر (المشهورة أيضاً باسم "شركة جنرال موتورز لتربية الحيوان") نحو ١٤ مليوناً من الحيوانات كل عام للمعامل. وتستخدم الحيوانات للأغراض التالية :

\* إنتاج المستحضرات البيولوجية : تخدم الحيوانات من الأنواع المختلفة كمصانع حية لإنتاج البيوكيماويات المطلوبة للبحث أو العلاج. قمت يوماً بزيارة لمعمل تجاري ضخم باليابان - شركة هاياشيبارا - يستعمل حيوان الهامستر في إنتاج الخلايا البشرية على نطاق واسع لتصنيع الإنترفيرون.

\* التشخيص: استعملت الحيوانات الحية كأدوات تشخيص في مجال واسع من أمراض الإنسان، مثل السل والدفترية والإجهاض المعدي والجذعة الخبيثة. كانت الأرانب وحتى عهد قريب تُستغل في تشخيص الحمل علمياً - نعي قبل أن يظهر الحمل صريحاً - إذ تؤخذ عينة من بول المرأة ثم تحقن في أرنبة، فإذا كانت المرأة حاملاً حدثت تغيرات في الأعضاء التناسلية للأرنبة يمكن ملاحظتها بالتشريح.

\* التعليم: مرت أجيال وأجيال من طلبة المدارس الثانوية بطقوس تشريح الضفدعة في الدروس العملية. وهناك تقرير حديث يقول إن ما يقرب من ثلاثة ملايين حيوان تستخدم لهذا الغرض سنوياً - الضفادع لطلبة الثانوية، والكلاب لدروس الجراحة العملية لطلبة كليات الطب والطب البيطري.

\* اختبارات السُمِّية: من بين أكثر استخدامات الحيوانات مدعاة للجدل اختبارات الأمان وتحديد الجرعات بالنسبة للعقاقير ومستحضرات التحميل ومبيدات الآفات والإضافات الغذائية والكيماويات الصناعية والمنتجات المنزلية. هناك طريقة معيارية، تسمى اختبار دريز، تُنقَط فيها المحاليل المركزة من المُنتَج في عيني حيوان لفترة قد تصل إلى بضعة أيام. كان الأرنب هو الحيوان المفضل لهذا الاختبار، الذي يتضاءل استعماله تدريجياً، وإن كان لا

يزال موضع تشجيع من قِبَل مصلحة الغذاء والدواء الأمريكية وغيرها من الوكالات النظرية في العديدة من الدول الأخرى.

\* البحوث: تُستخدم روتينياً، وفي مجال واسع من البحوث الأساسية والتطبيقية، حيوانات من كل نوع وحجم، من ذبابة الفاكهة إلى الشمباتزي، وتضم القائمة بالطبع الكثير من الفئران والقطط والكلاب.

لأسباب متعددة تتغير صورة التحريب على الحيوان كلية - لكن الحيوانات الحية لا تزال هي الأداة المفضلة في العديد من الإجراءات العلمية والتكنولوجية التي تجعل حياتنا أكثر احتمالاً. ونحن نجعل حياتنا أكثر احتمالاً أيضاً بالآ ن فكر أو نعرف أكثر عن التفاصيل.

من سنين عديدة كنت أجلس ذات يوم في اجتماع مع الصحفيين الشبان أشجعهم على الإسهام في الخدمة الإخبارية التي أكتب لها كثيراً، عندما عُرضت قضيتان على بساط البحث: الإيدز وحقوق الحيوان. كان من بين الموجودين بعض النشطاء من الشواذ جنسياً، وتطور الحديث إلى كتاب كان قد ظهر مؤخراً من تأليف راندي شيلتس (كتاب: وَمَضَّتْ الجوفة تعزف) فشجوا المؤسسة الطبية لعجزها عن التحرك كما يجب في مواجهة وباء الإيدز. وافق الجميع على خطأ الحكومة والعلماء، وعلى ضرورة أن يُبذل الكثير لمقاومة الإيدز. ثم تحول الحديث بعد ذلك إلى حركة حقوق الحيوان، ليعبر الجميع عن تعاضدهم الكامل لها أيضاً. لم أدرك إلا بعد انتهاء الجلسة أن هذا الفيض من الموافقات كان من المفروض أن يتحرك إلى جلد، لأن بحوث الإيدز تستهلك أعداداً مذهلة من الحيوانات - من بينها رئيسات عليا ذكية، أقرب أقرابنا - وتسارع عجلة البحوث إنما يعني أن الحيوانات ستدفع ثمننا غالباً.

## عن الفئران والرجال - والفئران التي صنعها الانسان

في عام ١٩٨٠ لم تكن كلمة "عبر - جيني" قد صُكَّت بعد، على الرغم من بكتريا إ. كولاي الحاملة للمجينات البشرية كانت تعمل بالفعل جاهدة في إنتاج الإنسولين البشري. ثم بدأ العلماء بعد بضعة سنين يخلقون فئران معملٍ تحمل جينات أمراض بشرية. وبسرعة أصبحت كلمة عبر - جيني كلمة شائعة في المعجم العلمي. أصدر مكتب تسجيل البراءات الأمريكي أول براءة لحيوان عبر - جيني عام ١٩٨٨ لجامعة هارفارد، وكانت عن فأر يحمل جينات تجعله قابلاً للإصابة بالسرطان (فأر السرطان). تزايدت بعد ذلك طلبات تسجيل البراءات، وتعاضم عدد البحوث في هذا المجال، ففي عام ١٩٩٠ وحده نشر ما يزيد على ٦٠٠ بحث في وصف ما حل بالفئران التي خلَّعها الإنسان من أعراضٍ لأمراض بشرية - من التهاب المفاصل إلى السكر إلى السُّمنة. كان الإجراء - الذي يتحرك بسرعة نحو الاتقان - هو أن تؤخذ بويضة مخضبة من فأرة، ثم تولج فيها المادة الوراثية البشرية، ثم يعاد زرعها في رحم فأرة تحمل بها.

بهذه الطريقة تمكن الباحثون من تخليق فئران تحمل الجين الخاص بروتين بيتا - أميلويد، المكون الأساسي للطبقات التي تظهر بمخاخ المصابين بمرض ألزهايمر. وحقوق براءة هذا الفأر بالذات تحملها شركة أئينا للعلوم العصبية، وهي مؤسسة بسان فرانسيسكو، مشاركة مع "إيلي ليلي" شركة العقاقير العالمية العملاقة. طبيعي أن ليس ثمة يقين بأن وجود فأر يحمل مخه لطبقات تشبه للطبقات بمخاخ مرضي ألزهايمر، سيقود إلى علاج لهذا المرض في البشر. والحق أن ليس ثمة يقين بأن الطبقات هي سبب هذا المرض، فقد تكون نتيجة له. لكن الفأر يتيح فرصة لاختبار الفروض، وقد يتطور عنه علاج - واحتمالات هذا عالية. يقول المحللون إن علاجاً فعالاً لمرض ألزهايمر يوفر ما قيمته بليون دولار سنوياً.

## حقوق الحيوان والاعتداءات عليها

لتنظمات حقوق الحيوان المعاصرة جذور تاريخية في إنجلترا القرن التاسع عشر، عندما ظهرت حركة المعارضين لتشريح الأحياء كقوة اجتماعية كبرى ذات علاقات قوية بحركة المعارضين للتطعيم. كانت هذه القضايا جزءاً من الهياج العظيم، السياسي والسيكولوجي، لاجتماع يصارع - بين ما يصارع - اعتداء الدارونية على النظرة الإنجيلية للعالم وقدم الطب الحديث. كانت أقدم هذه المنظمات هي "الجمعية الملكية لحماية الحيوان من الوحشية" التي تأسست عام ١٨٣٦ (كان داروين عضواً بها)، كما تأسست الجمعية الأمريكية النظرية (غير الملكية) عام ١٨٦٦. ومع الوقت تزايد عدد مثل هذه الجمعيات. واليوم، ونحن في عصر الانفجار السكاني التنظيمي - الناتج الثانوي غير المتوقع لعصر المعلومات الذي كانت له آثار سياسية مزعجة - تزايد جماعات حقوق الحيوان. تضم القائمة جمعيات: شبكة حقوق الحيوان، العصبة الدولية لحماية الرئيسات، الاتحاد البريطاني لمنع تشريح الكائنات الحية، جماعة المعاملة الأخلاقية للحيوانات، جمعية عمر الأنواع اللاحدة، صندوق الدفاع القانوني عن الحيوان. وهناك جماعات دولية كبيرة تصدر مطبوعات وتقوم بحملات بريدية لجمع التمويل، ولها دهليز (لوبي) في واشنطن، وهناك مجاميع صغيرة من المحاربين في العديد من المجتمعات وفي حرم الجامعات - البعض منها لا يطبق المجاميع الكبيرة، وتتراوح مناهجهم ما بين البرامج التعليمية العامة المسكّنة وبين الغارات على المعامل.

دفع رجال حقوق الحيوان أعداداً كبيرة من العلماء وموظفي الجامعات إلى حافة الجنون، وتسببوا في تقيّد، بل وكثير من التغير حقاً. كتب بعضهم عن هذا الموضوع يقول:

مؤخراً، قدمت شركتا ريفلون وآفون - وهما من الكيماويات في صناعة مواد التجميل - منحاً سخية للغاية إلى علماء جامعة روكفيلر، بهدف إعلان هو تحريك البحث عن بدائل لاختبار دريز، وقد كان ذلك أساساً بفضل ضغوط المدافعين عن حقوق الحيوان. في نفس ذلك الوقت تقريباً قدم "اتحاد مصنعي مواد التجميل وأدوات الزينة والروائح العطرية" منحةً إلى "مركز جونز هوبكنز لبدائل اختبارات الحيوان"؛ كما مولت شركة بريستول مايرز بحوث البدائل من "صندوق الجماعة البريطانية لاستبدال الحيوان في التجريب الطبي"؛ كما بادر الصندوق الأمريكي لبدائل البحث الحيواني (بلدعم من جماعات أخرى وأفراذ يسعون إلى تحرير الحيوان) بمشروع مماثل في كلية الطب بينسلفانيا؛ وفعلت نفس الشيء جمعية نيو إنجلاند المعارضة لتشريح الأحياء، وذلك في كلية الطب بجامعة تفتس.

أصبحت المعامل في كل مكان - بفضل الاستجابة لضغط الجمهور الذي أذكاه نشاطاً حقوق الحيوان - أصبحت أكثر تدقيقاً بشأن معاملة الحيوان - وأيضاً بشأن معاملة نشاطاً حقوق الحيوان، فقد غدت المعامل تستشيرهم كثيراً؛ بذلك وقع رجال حقوق الحيوان في ورطة أخلاقية. كانوا يعارضون أي استخدام للحيوان في التجارب، ثم وجدوا أنفسهم يعضدونه ضمناً عندما تدخلوا في الموضوع؛ بل إن غيرهم - مثل البيطري ميكائيل فوكس عضو الجمعية الإنسانية الأمريكية - يعتقدون أن مثل هذا الاستخدام ضروري.

من الضروري حفظ الكثير من مجالات استغلال حيوان المعمل وتعليبه - مثل اختبار الأسلحة العسكرية ودراسات الحروق الشاملة - لكن، طالما أن الإجماع العام يقبل استعمال الحيوانات للأغراض البيوطبية الأساسية، فلنا ندين للحيوانات، باسم الشفقة والعلم الجيد، بضمان أن تعامل معاملة إنسانية (أن تستعمل مسكنات الألم والمهلثات عند الضرورة) وأن تربي في ظروف تضمن لها الراحة الجسدية والنفسية.



خدمتُ ستين كعضو خارجي في لجنة فحص معامل لورنس بيركلي، حيث قمت، مع فريق من البيطريين ومديري المعامل، بفحص مجهود للبروتوكولات التي يلزم أن يتقدم بها الباحثون: عدد الحيوانات التي ستستخدم ونوعها، الطبيعة الدقيقة للتجربة، النتائج المتوقعة وتبريرها، طريقة التخدير. كانت المواصفات التي وضعت للاستخدام الروتيني للفئران وغيرها من الكائنات أبعد من أن تسعد أياً من عشاق الحيوان، لكنها كانت تعني بعض التقدم الحقيقي، مقارنة بأيام كان فيها الجراحون يمارسون عملهم على الحيوانات دون تخديرها.

هذا وجه من أوجه استحابة العلم لحركة حقوق الحيوان. ثمة وجه آخر هو المقاومة. وهذا خيار يجده جذاباً بعض الناس والجماعات في العالم العلمي. وهناك الآن بالفعل حركة مضادة قوية. يمكنك أن تقرأ حججها في كتب تثير الجدل مثل كتاب "الإنسان والفأر: الحيوانات في البحث الطبي" لوليام باتون، استاذ علم العقاقير بجامعة أكسفورد، الذي يطلق على النشاط اسم "أوباش الحيوانات" ويعتبر دعاواهم مشوشة. بل ستجد في واقع الأمر منظمات هدفها الوحيد هو الرد على نشاط حقوق الحيوان. من بين القواعد الأساسية للحياة في عصر المعلومات أنك إذا وجدت من حولك حشداً كبيراً من المنظمات، فإن أفضل ما تفعله هو أن تشكّل أنت الآخر منظمته. أتلقى بالبريد بانتظام رسالة إخبارية تصدرها منظمة كهذه - جمعية كاليفورنيا للبحث البيوطبي - ائتلاف من العلماء، وإداريي الجامعات، والشركات الخاصة المشتغلة في البحث المعلمي، وجماعات كرسن نفسها للقضاء على أمراض معينة. تملئ صفحات هذه الرسالة بتنفيذ الدعاوى اللاعقلانية التي تصدر عن نشاط حقوق الحيوان، كما تنقل أخبار الهجوم على المعامل، وأخبار ما تم من تقدم - باستخدام الحيوانات - ضد أمراض كالإيدز أو التليف الكيسي. تعتبر حركة حقوق الحيوان - والحركة المضادة لها - من نواحي عديدة، النموذج لسياسة عصر

المعلومات: فلدينا تكاثر المنظمات، لدينا تآكل السرية (لم يعد المجرمون يفترضون أن ما سيقومون به سيقفل محجوباً عن نظر الجماهير)، لدينا تنوع منهل في وجهات النظر. هناك في ناحية الأخلاقيون والنشطون الذين يعتقدون - كما قال بيتر سنجر، أحد قادة الحركة - أن "الحيوانات غير البشرية مجموعة مضطهدة" نعاملها "كما لو كانت أشياء نستخدمها كما نحب، لا ككائنات لها حيوات خاصة بحياتها". والحل عند هؤلاء هو تحول ثوري في الوعي، والتخلي الكامل عن أية أنشطة تتضمن تعذيب الحيوان أو إزعاجه. وهناك في ناحية أخرى الكثير من العلماء، والمنظرين السياسيين، وضحايا الأمراض (وأقارب الضحايا)، وغير هؤلاء ممن يعتقدون أن قضية الحيوان قضية في أساسها فاسدة، وأن قاداتها ليسوا سوى عصابة من المشاهير. وفي مكان ما بين هؤلاء وهؤلاء سنجد المصلحين الذين يعملون من أجل هدف كإيجاد بدائل لاستخدام الحيوان في البحوث، أو كالتربية الأخلاقية الأفضل للعلماء، أو كلعجان فحص أكثر للتحريب على الحيوان.

وهذه في الحق ظاهرة من ظواهر عصر المعلومات، التقاء - يكاد يكون هنا اصطدام - مهارات علمية وتكنولوجية تتقدم، تستخدم الحيوانات (وتخلق استخدامات جديدة لها) مع قدر يتنامى من معلومات، تكون أحياناً مفعمة بالحياة، حول الألم والمعاناة التي يتضمنها مثل هذا الاستخدام. وهي أيضاً جزء من التحول التطوري الحاضر للتنوع "هومو سابينس". لم يطور أي نوع آخر مثل هذه المجالات من استخدام الكائنات الحية الأخرى، ولم يطور أي نوع آخر قابلية - غدت نظامية - للشعور بالذنب بسببها. وأنا أتوقع أنه طالما بقيت الاستخدامات والممارسات جزءاً من الحياة البشرية، فسبقى معها أيضاً الشعور بالإثم.

## دروب عبر الحاضر

هل يفترض التقدم البيومعلوماتي استغلالاً لحياة الحيوان يتزايد أبداً، ومع ما يصاحبه من خلاقات لا تنتهي سياسية وأخلاقية ودينية - حول الآلام والمعاناة التي نلظم بها، بالمعيتنا، الكائنات الحية الأخرى؟ أم تراه يفتح باب أمل التحرر من مثل هذه الاستعمالات، ويشير إلى مستقبل يلج فيه البشر مكتبة كاملة هائلة من المهارات البيوكيماوية المشفرة بجينومات الحيوان دون أن نؤذي الحيوانات نفسها؟

لقد عاجلنا حتى الآن بعض هذا الاستغلال، وستفحص البعض غيره في فصول قادمة. من ناحية أخرى دعنا نعالج بعض المتوجحات المبكرة للبيوتكنولوجيا التي تأخذنا بعيداً عن استغلال الحيوان.

كان أول مُتَجِّج للهندسة الوراثية طُرح في السوق هو الهيومولين - الإنسولين البشري. وتاريخ العلاج الناجح لمرض السكر - أو حتى معرفة سببه - تاريخ أقصر بكثير مما قد تظن. كنا في أواخر القرن الماضي - عام ١٨٨٩ على وجه التحديد - عندما أوضح اثنان من العلماء الألمان بناء على تجاربهم على الكلاب أن إزالة البنكرياس تسبب كل أعراض مرض السكر. ثم جاء عالم أمريكي مباشرة بعد تحول القرن ليثبت وجود رابطة بين مرض السكر وبين خلايا معينة بالبنكرياس تسمى جزر لانجرهانز، واقترح عالم بريطاني أن هذه الخلايا تفرز مادة - لم يُعرف لها اسم آنذاك - تتحكم في أيض السكر وغيره من الكربوهيدرات في الجسم. وفي عام ١٩٢١ تمكن عالم كندي من عزل هذه المادة في تجارب أخرى على الكلاب - وأطلق عليها اسم إنسولين. كانت هذه بداية العلاج بالإنسولين المأخوذ من بنكرياس الماشية والخنازير المذبوحة. حدث بعد هذا شيان يبدو لنا أنهما متناقضان: أولهما أن العلاج بالإنسولين أصبح ممارسة طبية شائعة، مكّنت أعداداً لا تحصى من مرضى السكر من أن يعيشوا حياة طبيعية نسبياً. أما

الثاني فهو زيادة عدد المرضى بالسكر، وازدياد عدد من يموتون به. رأى بعض معارضي تشريح الأحياء في هذا دليلاً على فشل العلاج بالإنسولين. على أن هناك شواهد مقنعة بأن السبب الرئيسي في زيادة من يموتون بالسكر هو كثرة عدد من يموتون أطول بسبب تقدم الطب، ومن ثم كثرة عدد من يبقى حياً حتى سني العمر التي يهددها داء السكر المتأخر. (من بين الحتميات الساخرة لتقدم الطب، التي نبه إليها الكثيرون، أنه بعد في عمر ك إلى أن تموت بسبب آخر). وهناك احتمال آخر، هو أن العلاج بالإنسولين يمكن مرضى السكر من صغار السن من أن يموتوا فترة أطول وبذا ينجبون أطفالاً أكثر، ويزيدون عدد مرضى السكر المحتملين في المستودع الجيني البشري، وهذا هو ما يسمى أحياناً باسم الـيوجينيا المعكوسة، أو الـديسجينيا.

على أية حال، لقد ازداد الطلب على الإنسولين الحيواني بثباتٍ غير العهود الماضية، لكننا غدونا الآن وبين أيدينا بديل، الهيومولين، الذي لا يأتي عن حيوانات مذبوحة. صحيح أن تصنيعه يتطلب استخدام كائنات حية - البكتريا - لكن معظم نشاط حقوق الحيوان لا يعترضون على هذه الصورة من صور الاستغلال. لقد قطعت البيوتكنولوجيا سلسلة من سلاسل اعتماد البشر على الحيوان. ولقد حدث هذا أيضاً مع إنتاج كاي - ماكس، الريتين الاصطناعي الذي يستخدم في صناعة الجبن، بديلاً عن المادة التي تؤخذ من معدة العجول.

هناك سببان لتناقص استعمال الحيوانات الآن للأغراض الخاصة بالطب. أولهما أن نشاط جماعات حقوق الحيوان قد أثر على الرأي العام، حتى لتقلع بعض المدارس عن استعمال الضفادع في دروس التشريح، بل وتعلن بعض الشركات أنها لم تعد تضحى بالحيوانات في اختبار متوجاتها، أما الثاني فهو أن الكثير من استخدامات الحيوانات خدثت وقد عفا عليها الزمن. لم يعد من الضروري أن تستخدم الأرانب في اختبارات الحمل، كما

توفرت لدينا الآن عُدَد - تتركز على الأجسام المضادة النقية - تشخص العديد من الأمراض بصورة أسرع كثيراً وأعلى دقة من الطرق القديمة التي تتطلب الحيوانات.

توفر زراعة الخلايا والأنسجة بديلاً فعالاً لاختبارات السمية. صحيح أن عينة الخلايا البشرية لا تزودنا دائماً بما يكفي من معلومات عما قد تكون عليه استجابة عضو كامل أو شخص حي لمادة معينة، لكنها تتغلب على مشكلة اختلاف الأنواع - نعي احتمال أن يكون للحيوان المُختَبَر مقاومة أكثر أو أقل من الإنسان.

وهناك بديل آخر محتمل - أكثر إثارة في وعوده، وأقل تقدماً في واقعه - هو النمذجة بالكمبيوتر: برامج حياة - اصطناعية تحاكي في دقة بالغة تعقيد الكائنات الحية (أو "الحياة المبتلة" كما يسميها المتحمسون للنمذجة) حتى يمكن استعمالها في اختبار المحتمل من المواد العلاجية واستراتيجيات العلاج.

و"البدائل" هي الكلمة الطنانة في حوار حقوق الحيوان، وهناك تقدُّم حقيقي في هذا الاتجاه. لكن ليس لمة نهاية تبدو في الأفق بالنسبة لاستخدام الحيوان في البحث الطبي، بل الحقيقة أن بعض البدائل تطوُّر باستخدام الحيوان. وكما لاحظ السير بيرسي مدور، البيولوجي البريطاني العظيم: "علينا أن نتشبت بتناقض فحواه أن لا شيء غير البحوث على الحيوان سيوفر لنا المعارف التي ستمكِّننا يوماً من الاستغناء عنها كلية"



## الفصل السابع

### حكمة الجسد :

### الحياة الخاصة والقضايا العامة

سيكون علينا أن نعيد تحديد ما نعنيه بالأمومة والأبوة والحمل. ستصبح بعض النساء أمهات بيولوجيات دون أن يحملن، بل يستأجرن أمًا تلد لهن. ستختار أخريات أن يحملن متأخرًا، بعد أن يتوقعن مثلاً عن العمل أو حتى بعد سن اليأس، إما بأن يحملن بأحنتهن الجاهزة من سنين سابقة، أو بشراء بويضات من نساء أخريات. ستحمل بعض النسوة دون أن يقابلن الأب، سيصبح الرجال آباءً بيولوجيين دون أن يقابلوا الأم. ستولد أطفال دون أن تحمل بهم امرأة ومهمة عدد آخر من التباديل أيضا.

يقيناً، سيجد الكثيرون منا أن هذه الأفكار بغيضة جداً، وغريبة جداً عن الطريقة الأساسية المميزة لحياة البشر. أي حق للعلم والطب في أن يتطفلا على أكثر عمليات حياتنا الطبيعية، فيحيلاتها لتصبح مصطنعة فطبعة؟ سنواجه بمثل هذه القضايا الأخلاقية، المرة بعد المرة في مستقبل الرعاية الصحية، وليس فقط في مجال التكاثر.

— الدكتور جيفري أ. فيشر.

نقرأ في الجرائد عن الثورة العلمية والثورة التكنولوجية، وسرعان ما نغدها معنا داخل منازلنا تغير من الطرق التي نرعى بها أجسامنا والطرق التي نحيا بها حياتنا الخاصة. في كل مكان يستوعب الناس المعلومات الجديدة عن التغذية وعن الحفاظ على الصحة، ويتعلمون عن نقل الأعضاء، ويتعرفون على الفرز الوراثي وعلى التلقيح الاصطناعي، ويقررون ما يرون في موضوع الاجهاض

والقتل الرحيم، ويتخذون قرارات في خيارات كثيراً ما تكون بالفعل مسألة حياة أو موت. أصبح لدينا عدد يتزايد من مثل هذه الخيارات، ولا يبدو أن أماننا الفرصة لنقرر إن كنا نريد خيارات أكثر.

والخيارات تُزيد القدرة الشخصية، ويسهل أن نفترض أنها تزيد أيضاً من الاستقلال الشخصي - لكن، ليس هذا هو ما يحدث بالضبط. تنشأ كما رأينا أنواع جديدة تماماً من الاتكالية المتبادل. يُستعَب جنس البشر إلى شبكات جديدة من العلاقات مع كل الحيوانات غير البشرية. يُجذب كل فرد منا إلى شبكات جديدة من العلاقات من البشر. الزَّيد وقائع اجتماعية. النُظُم البيولوجية، التي نسميها أجسادنا، تربط نفسها بنُظُم أخرى وتنظم فرعية: شبكات معلومات، أسواق، منظمات، حكومات. وكل زيد لجسم الإنسان يكلف مالا - كثيراً، على الأغلب - ويبدو أن لكل خيار بيولوجي نتخذه تضميناتٍ سياسية أو أخلاقية. يتحول التطور ليصبح مولداً كبيراً للخلاف.

يقع قدر كبير من حياتنا الخاصة في شَرَك السياسة العامة. تتأثر خيارات "الموت أو الحياة" هذه بأحكام القضاء حول الاجهاض، وبالمتاح من مواد تنظيم النسل والثقافة الجنسية، وبالتأمين الصحي، بنظام ممارسة الطب، بالقوانين التي تحكم إن كان من حق الفرد أن يقرر وقت وفاته. تنظم الحكومات بنوك الحيامن وعيادات الاجهاض، تمنح (أو تمنع) الموافقة على الجديد من العقاقير والتكنولوجيات الطبية - في سرعة بالغة في بعض الأحيان، وفي ببطء في البعض الآخر. وحتى إذا ابتعدنا عن الآلية القانونية والبيروقراطية فسنظل أسرى شبك أخرى، وشبكات ونُظُم، سنظل نتعامل مع قيم إرث ثقافي أو أكثر، وسنظل نحس بضغط زملاء العمل والآباء، وسنرتبط بأسواق ومراكز معلومات.



## من يمتلك الجسد؟

موضوع زرع الأعضاء موضوع حساس بمخاصة، من الناحية الشخصية ومن الناحية السياسية. ذاك لأسباب عديدة: جدته النسبية كمجال طبي، الطلب المكثف على الأعضاء والأنسجة، احتمالات المكاسب الضخمة، الحاجة إلى مناهج ذات كفاية وفعالية، المخاطر على المريض من أن يكون العضو المنقول مريضاً أو معطوباً - وأخيراً وليس أبدأً آخر، العواطف الجياشة التي يُزيغها بين عائلات الواهبين، وعائلات المتلقين، وعائلات من يفضل لسبب أو لآخر في العثور على عضو يحتاجه للنقل.

يدخل من يُعتبر واهباً مقبولاً لأحد أعضاء جسده - شاب مثلاً تأكد موت مخه بعد حادثة - يدخل في أوضاع قانونية وبيولوجية لم تكن موجودة قبل لحظة. فجأة يسمى جسده باسم "المحتضر" - وهذا مصطلح أخذه الطب الحديث لوصف إنسان لم يعد يحيا وليس تماماً بالميت. يُحفظ الجسد هكذا حتى يقوم أحد موظفي المستشفى بمهمة مقتته، هي الاتصال بالعائلة لأخذ موافقتها على إمكانية نقل أحد أعضاء المحتضر. (هكذا الأمر بالولايات المتحدة على الأقل، حيث يعتبر الجسم ملكية خاصة. تسمح قوانين بعض الدول للمستشفى أو للطبيب بأخذ الأعضاء من جسد مَنْ لم يكتب وصية أو إقراراً بعكس ذلك. وهناك دول أخرى ينص القانون فيها على أن أعضاء جسد أي شخص تصبح في لحظة وفاته ملكية خاصة للدولة). فإذا تمت الموافقة، شرعت فرق مختلفة من الجراحين في "حصد" الجسم - فتستأصل القلب، الكليتين، الكبد، القرنيتين، نسيج العضلات، الغضاريف، شغاف القلب، الأم الجافية، وغشاء الغلاف الثقيل للمخ.

يدخل المحتضر واهبُ أعضائه إلى مجموعة من العلاقات الإنسانية لم يكن يتخيلها الشخص أبداً وهو حي. طبيعي أن تكون أهم هذه العلاقات هي العلاقة مع من ستزرع بهم الأعضاء. وفي الولايات المتحدة، تُطبع المعلومات

عن الأعضاء المتاحة فوراً على الكمبيوتر بالمستشفى وتُبت إلى بنك المعلومات المركزي الخاص "بالشبكة المتحدة لتقاسم الأعضاء" في ريتشموند فيرجينيا. يرتبط هذا البنك بدوره بنحو ثمانمائة مركز حول الدولة مختصة بنقل الأعضاء، ومرضى هذه المراكز (تبدو كلمة "مرضى" هنا محملة بالمعاني) الذين ينتظرون جراحات النقل. تُستخدم اختبارات مختلفة - منها، في بعض الأماكن، تحليل الدنا - لتحديد التوافق بين الواهب والمتلقي. تشحن على الفور بعض الأعضاء في مبردات، وترسل في سرعة بالغة بسيارة الإسعاف إلى المطار، لتستقبلها سيارة إسعاف أخرى تنقلها إلى المستشفى حيث فريق من الجراحين يعمل في تجهيز المريض للعملية. تمضي بعض الأعضاء الأخرى إلى مؤسسات خاصة حيث تُحفظ لحين توزيعها على المستشفيات. يقوم بالتفتيش على المؤسسات الخاصة وترخيصها منظمات خاصة مثل "الجمعية الأمريكية لبنسوك الأنسجة" و"جمعية بنوك العين الأمريكية"، كما تتدخل أيضاً أقسام تنظيمية فيدرالية مختلفة. تقوم إدارة تمويل الرعاية الصحية، وإدارة موارد الصحة وخدماتها، بخدمات نقل الأعضاء والكبد، وتختص المعاهد القومية للصحة (م ق ص) بنقل نخاع العظام، أما الأم الجافية وصمامات القلب والقرنيات فمن اختصاص مصلحة الغذاء والدواء (م غ د) وذلك بناء على تعديلات قانون الأجهزة الطبية لعام ١٩٧٦.

من بين المخاوف الكبرى احتمال أن تُنقل أمراض كالإيدز إلى متلقي الأعضاء. تخمست إجراءات الاختبار كثيراً، ولقد أذاعت م غ د أن مستوى الأمان عال في عمليات نقل الأعضاء والأنسجة التي تُجرى بالولايات المتحدة الآن، والتي يقدر عددها بثلاثمائة ألف عملية سنوياً. لكنك تسمع عن دراسات تثير الذعر، كذلك المتعلقة برجل مات برصاصة عام ١٩٨٥ ثم أُخذ منه ٦١ عضواً ورقعة نسيج. حُلل دم هذا الواهب مرتين للكشف عن الأمراض المعدية، وكانت الاختبارات في كلتا المرات سلبية. وبعد بضعة سنين استخدم بنك الأنسجة طرقة أكثر دقة فاكتشف أن دم الواهب إيجابي لفيروس

الإيدز. تمكنوا من الوصول إلى ٣٤ مريضاً (من بين ما يزيد على ٤٠) ممن زرعت بهم أعضاء الرجل وأنسجته. كان منهم سبعة مصابون بالإيدز، وكان منهم ثلاثة قد توفوا.

هذا موضوع مؤلم للنفس، لكنه لحد كبير مما يمكن ضبطه علمياً وسياسياً. فمن الناحية العلمية تتحسن إجراءات الحماية من وقوع مثل هذه الحوادث، أما من الناحية السياسية فهناك القوانين تتبع. بل من الممكن ضبطه حتى ثقافياً. يقبل معظم الناس الآن زراعة الأعضاء، ضَمَنُوا هنا الواقع الغريب في نظرهم إلى ما هو عملي ومقبول في العالم، قبلوا مخاطرة. لكن مجرى الأمور يقول باستمرار اختيار حدود القبول الاجتماعي. في كل مرة أقرأ فيها عن "حصد" أحد المحتضرين، أحد قائمة الأعضاء القابلة للاستعمال وكان قد ازدادت طولاً. ولقد تمثدت أكثر في المستقبل: يعتقد مارك روي، المعلق الرزين على الموضوع، أننا سنسمع قريباً عن نجاح زراعة الأيدي والأقدام. يتحدث الآن بعض الجراحين، الذين يقومون بإجراء عمليات تغيير الجنس، عن الأعضاء الجنسية. يقول أحد رواد هذا المجال: "أنا لا أعتقد أن الحكومة ستقبل تمويل عملية زرع القضيب، لكننا سنحاول أن نقتنعها بذلك".

هناك خلاف آخر يتعلق بالأطفال الذين يولدون بمذع مخ ولا مخ، ومصيرهم ألا يوعا أبداً، وهم لا يعيشون أكثر من بضعة أيام. يولد من هؤلاء بالولايات المتحدة نحو ألف في كل عام. ولقد ذكرت المحاكم في السنين الأخيرة أن قانون "الأمريكيون العاجزون" يحميهم، ويحول لهم الحق في أفضل رعاية طبية، لكنهم أول المرشحين لوُهب الأعضاء، يهبون أعضاءهم السليمة - قلوبهم وأكبادهم وكُلأهم - المقضي عليها بالهلاك، إلى غيرهم من الأطفال. اتخذت الجمعية الطبية الأمريكية موقفاً حيالهم وهو أن تحصد أعضاؤهم وهم أحياء. قال أحد الأخلاقيين إن هذه "فكرة مروعة مريعة".

يجد الفرد منا نفسه مدفوعاً إلى السؤال القديم - متى سينتهي هذا كله؟ - فلا تتضح له إجابة. إن المسألة التي تقلقنا في كل يوم هي الطريقة التي نعالج بها مثل هذه الأمور - أية قيم تشكل قراراتنا، أية نظرة إلى الواقع؟ إن فكرة أن يجري تداول أعضاء البشر داخل المجتمع فكرة مزعجة. ثم تأملتُ هذا الواقع الجديد، نظرتُ إلى الخلف - لا إلى الأمام - إلى الممارسات القديمة في التبت، عندما كانوا لا يقومون بدفن جثث الموتى في قبور مغلقة معطرة، وإنما يسلمونها في سماحة إلى العالم - يأخذون الأجساد إلى مكان مفتوح ويمزقونها إرباً إرباً ويقدمونها قرباناً إلى النور - والفكرة هي أننا من العالم جثتنا، وإليه نعود. ها واحدة من أحدث العلاقات تحمل شيئاً من واحدة من أقدم العلاقات.

### إختيارك لجنسك

لا شيء يوضح التزايد الحالي للخيارات الشخصية، وما يحمل معه من تعقيدات اجتماعية، أكثر من قضية تحول الجنس - وهذا أمر كان ذات يوم مقصوراً على دنيا الخيال وأصبح الآن من الشيع حتى لتنتشر إحدى الصحف قائمة بالكلمات التي يلزم أن نضيفها جميعاً إلى معجمنا، فتكون من بينها كلمة "عبر جنسي".

صاغ هذه الكلمة في الواقع، في أوائل الخمسينات، طبيب أمراض عقلية يصف بها حالة فتاة استحوذت عليها رغبة في أن تصبح صبياً، إذ أطلق على حالتها اسم "الاضطراب النفسي عبر الجنسي". كان التقدم آنئذ في استخدام الهرمونات وفي استخدام الجراحة - بعد أن اكتسبت مهارات في إعادة التشكيل أثناء الحرب العالمية الثانية - قد جعل من الممكن أن يحقق الفرد خيالاته بأن يتحول طبيّاً إلى نسخة من الجنس الآخر، نسخة جيدة إلى حد كبير. وفي عام ١٩٥٢ سمع العالم كله عن حالة رجل اسمه جورج يورجنسين أمكن بمساعدة الأطباء الدائريين أن يتحول إلى الجنس الآخر - إلى

كريستين يورجنسين. اتخذت أجهزة الاعلام من قصة يورجنسين مجالاً للكثير من الفكاهة، لكنها أخذت بالكثير من الجدل عند رجال ونساء شعروا بأنهم وُلدوا في الجسم الخطأ - كما أخذها بما أخذ الجدل أخصائيو العلاج النفسي والأطباء مما اعتقدوا أن الجراحة ومعها المعالجة الهرمونية ستكون هي الحل.

وعلى مدى العقود القليلة التي تلت تطوّر هذا إلى فرع معترف به من فروع الطب. افتتحت في عام ١٩٦٧ في بالتيمور عيادة جونز هوبكنز للهوية الجنسية، وتبعتها العشرات من المستشفيات بالجامعات الكبرى، وبعد أقل من عشر سنوات كتبت مجلة نيوزويك تقول إن هناك أكثر من ٣٠٠٠ شخص عبر جنسي بالولايات المتحدة قد أجروا العملية الجراحية، كما ذكرت أن هناك عشرة آلاف آخرين قد يجرون العملية لأنهم يعتبرون أنفسهم أعضاء من الجنس الآخر. ولما كانت المستشفيات بالولايات المتحدة تتطلب وقتاً طويلاً للتقييم والاستشارة بالنسبة للمرشحين المحتملين لإجراء عملية تغيير الجنس، تنتهي عموماً بإجراء العملية الجراحية لأقل من ١٠٪ منهم، فإن الكثير يتجهون إلى الخارج لإتمام العملية.

وعمليات تغيير الجنس في معظمها هي عمليات تحويل ذكور إلى إناث، لكن ثمة تقدم يجري في الاتجاه المضاد. لا يتطلب تحويل أنثى إلى ذكر في الكثير من الحالات أكثر من معالجات هرمونية تحول بنية الجسم بالتدريج وتحفز نمو الشعر بالوجه. يمضي البعض إلى ما يعرف في الثقافة عبر الجنسية باسم "الجراحات العليا" - استئصال الثدي - بينما يمضي البعض الآخر إلى "الجراحات السفلى" التي تتضمن طرقاً مختلفة لبناء قضيب اصطناعي. لكن العمليات أبداً لم تنتج ذكراً كاملاً تماماً ولا أنثى. وعلى الفرد بعد إجراء عملية تحويل الجنس أن يواجه كوكبة من المشاكل الاجتماعية والقانونية، تتراوح ما بين "صدمة المرحاض" - نعتي تصور ما يجب عمله في مرحاض عمومي - وبين صدمة الحصول على رخصة جديدة للقيادة، وحتى التهديد بالحبس لارتداء ملابس الجنس الآخر الذي تحرمه القوانين في بعض الأماكن.

ويندر أن يغطي التأمين تكاليف العملية، ولكن، كما جاء في أحد التقارير: "إذا أقنعت شركة التأمين بأن بك حقاً الاعتلال النفسي عبر الجنسي الذي يتطلب الجراحة كجزء من العلاج، فقد يدفعون لك التكاليف - بعد أن تكون قد وافقت على أن تحيا بتشخيص رسمي يعادل عند الكثيرين اشتواء جسم الميت". لكن الحافز عبر الجنسي يكون من القوة حتى ليقاسي الآلاف ويتعذبون وينفقون ما يستطيعون على مثل هذه العمليات، وحتى لتتوقع وجود آلاف آخرين سيسعون إلى العلاج لو أتيح بسهولة وكان أقل تكلفة. توضح عبر الجنسية بعض واقع الحياة في عصرنا. ليس أمامنا إلا أن نتعامل مع المعلومات: إذا وجد خيار تغيير الجنس، فسيعرف الجميع عنه. وعلينا أن نتعامل مع الاقتصاديات: إذا وُجد الطلب، فسنجد من يوفر المطلوب - لمن يمتلك القدرة المادية.

من السهل جدا أن تبقى على مبعدة محسوبة من قضية عبر الجنسية - تنفكه بغراتها، ترفض التفاصيل الشهوانية لجراحة إعادة التجنيس، تهكم على الأطباء الذين يستغلونها في الكسب المادي. وأنا أعترف بأنني قد مررت ببعض من كل هذا أثناء دراستي للموضوع. لكنك إذا قرأت بعضاً قليلاً مما رواه مَنْ واجه الخيار واتخذ القرار - تصريحاتهم الانفعالية عن حاجتهم لتغيير الجنس، وكيف تعاملوا بشجاعة مع نتائج العملية - فلا شك أن ستحس بللمة إعجاب بشجاعتهم، كما ستحس بمبلغ التكريس والإبداع لدى من صنعوا هذا النوع الجديد من الطب. هم جميعاً هناك على حبهة الصدارة التطورية. وسنجد بشكل ما أن إدراكهم بما يحدث يفوق إدراكنا بكثير. أنت لا تستطيع أن تعاني تغيير الجنس ثم لا تعرف أن العالم يتغير هو الآخر بطرق جذرية.

بل ولقد يصبح الواقع المروع لتحول رجل إلى امرأة - أو العكس - أمراً مألوفاً في القريب العاجل. فالأمر على أية حال يركز على الفرض بأن هناك جنسين فقط، ولم يعد من الفروض المتعلقة بالمصير البيولوجي ما هو آمن تماماً

في هذه الأيام إلا أقل القليل. ثمة كتاب صدر مؤخراً المؤرخة مناصرة للمساواة بين الرجل والمرأة. يقدم الكتاب قدراً من بيانات فسيولوجية مقنعة تدعم دعاوها بأن هناك خمسة أجناس بيولوجية من البشر (الجنسين المعروفين وثلاث صور أخرى من الأفراد الخنثاء)، وأن ثقافتنا ستضطّر عاجلاً أو آجلاً إلى أن تتعدى ما تتعلق به الآن في هذا الشأن. فإذا حدث ذلك فسيكون البعض ذكوراً، وسيكون البعض إناثاً، وسيكون هناك من يغير جنسه جراحياً في هذا الاتجاه أو ذاك، وسيختار البعض الخروج بأدوار اجتماعية وجنسية جديدة تماماً.

لم يمض وقت طويل بعد سماعي عن هذه الفكرة، حتى وجدت نفسي في لجنة مع جماعة من المستقبلين. ثمة واحدة منهم كانت ترى أن مفهوم الأجناس الخمسة في أساسه مفهوم قويم، لكنها تجده محافظاً نوعاً ما. مضت لتقترح أننا إذا أمعنا النظر لأبعد من مجرد القروق الجسدية - إذا وسّعنا رؤيتنا لنستوعب كل الأنماط السيكولوجية المعروفة، وأساليب الحياة الاجتماعية، والاختلافات الوراثية التي تؤثر في السلوك الجنسي دون إنتاج أعضاء جسدية مختلفة - فسنجد الناس وقد صنّفوا أنفسهم إلى نحو ٤٧ جنساً مختلفاً وجندراً. وإذا بها تنبأ في نزوة بأن يكون بالمباني نفس هذا العدد من دورات المياه. أنا لا أقول إن هذا سيتأريو محتمل، لكننا نواجه احتمالاً حقيقياً جداً لتغيرات جذرية في الطريقة التي يفكر بها الناس في الجنس والجندر. وهذا في جزء منه مجرد قضية معلومات جديدة تدور داخل المجتمع، لكن يساهم فيه أيضاً ما يتم من تقدم تكنولوجي. والتطورات الحديثة، كمثّل عمليات تغيير الجنس واستخدام الهرمونات، إنما تزيد من تعقيد الصورة، وتضيف "اختيار الجنس" إلى قائمة القرارات المتاحة للكثيرين عن أسلوب الحياة.

مع تطور الجنس البشري إذن، يتطور مجال مذهل من احتمالات وخيارات الجنس والجندر - أكثر بكثير مما يوجد بالريسيات الأخرى - ثم إن هذه تحرك تغيرات بعيدة الأثر اجتماعية وثقافية - ستمسنا جميعاً عاجلاً أو آجلاً.

## اختيار جنس المولود

في نفس الوقت، سنجد أن الكثير من الناس - العاديين ممن لا يفكرون أبداً في تغيير جنسهم - يقومون باختيار جنس نسلهم. كان الناس يقومون بهذا من قرون بعيدة عن طريق وأد الطفل إذا كان من الجنس غير المطلوب - الإناث عادة. أما الآن ومع تكنولوجيات مثل تقب السلي والتصوير فوق الصوتي فقد أصبح في الإمكان التنبؤ بجنس الجنين مبكراً بما يسمح بالاجهاض. بل وستطوّر في القريب العاجل طرق لاختيار الجنس موثوقة، وأقل أثراً على النفس. لقد أصبح من الممكن الآن تكنولوجياً أن يتأكد الأبوان من جنس الجنين إذا استخدموا الاختصاص في الأنبوب. لكن هذه الخيارات - في الماضي كانت أو في الحاضر أو المستقبل - ليست في الحق أبداً خيارات شخصية أيضاً، إذ تطورها القوانين والقواعد، والسياسات العامة، والقيم الثقافية، والأوضاع الاجتماعية، التي تزكي خيارات معينة وتستبعد غيرها.

يتأثر الناس في الصين وبشدة بالتقاء سياسة "طفل واحد للعائلة الواحدة" مع التحيز الثقافي التقليدي ضد الإناث. يتنبأ تقرير صدر عن "معهد موريسون لدراسات السكان والموارد"، في ستانفورد، يتنبأ "بفجوة زواج" هائلة على عام ٢٠٢٠ - مليون رجل كل عام يصلون إلى سن الزواج دون أن يجدوا زوجة - النتيجة الحتمية للنسبة الجنسية الحالية للمواليد: ١٤٤ وليداً لكل ١٠٠ وليدة. يلفت التقرير النظر أيضاً إلى أن هذا سيؤدي مع الوقت إلى أن تؤثر ظاهرة "الكيد المرتد" على التطور الوراثي بالصين، فالأزواج الذين ينجبون البنات سيزوجون بسهولة ليحفظوا بذلك سلالاتهم، بينما تنقرض العائلات التي تنجب الذكور. وإذا ما استمرت الممارسة الحالية مائتي جيل أو نحوها، فستطوّر العشيرة الصينية في النهاية تحيزاً وراثياً نحو البنات، ليولد منها أكثر.



طبيعي أنا لا نتوقع أن يحدث هذا، لا ولا أن يقوم ذكور الصينيين بحل المشكلة عن طريق إجراء عمليات تغيير الجنس. لكن النتيجة المحتملة هي أن تحدث زيادة أخرى في الهجرة الدولية: سيهاجر العزاب إلى الخارج بحثاً عن زوجات، وستهاجر العازبات إلى الصين بحثاً عن أزواج. أما ما سيحدث مع الوقت فسيكون تغييراً في القيم: وضع اجتماعي أعلى للنساء، وانحسار تسلط فكرة الطفل الذكر العزيز على الآباء. لكن، إياك أن تتوقع أن يتوقف الناس عن اختيار جنس. نسلهم. ليس هذا هو الطريق الذي تتحرك فيه الأمور الآن.

## تنظيم النسل الآن

يقول الدكتور جيفري فيشر، أحد القلائل من رجال الطب الذين يقومون عن طيب نفس بالتنبؤ بما سيحدث ومتى، يقول إن الاختبار المنزلي الموثوق للتبويض سيصبح قريباً طريقة فعالة لتنظيم النسل لدى معارضي وسائل منع الحمل. وأنا أعتقد أن هذه نظرة إلى المستقبل غير البعيد تثير الاهتمام، فزماننا زمان تختفي فيه الحدود بين التكنولوجيا الرفيعة وبين المعلومات البسيطة. إذا أردت أن تختار وسيلة فما عليك إلا أن تتحول بين تكنولوجيات تنظيم النسل ثم تنتقي وسيلة - هي ذاتها من منتجات التكنولوجيا الرفيعة - تمكنك من أن تقوم بتنظيم النسل "طبيعياً".

لقد تغيرت القواعد الأساسية للتكاثر تغيراً درامياً عبر العقود القليلة الماضية، وهي تتغير الآن أسرع من أي وقت مضى. هناك طرق أكثر وأكثر لتجنب أن يولد لك طفل، ولكي تختار جنس الطفل الذي سيولد لك.

لدينا في حقل تنظيم النسل مجال واسع من الخيارات يتضمن مانعات الحمل الطويلة الأثر مثل "نوريلانت"، كبسولة توضع تحت الجلد مباشرة في أعلى ذراع السيدة، لتبقى فعالة لمدة تصل إلى خمس سنوات؛ ومثل اللولب؛ ومثل طرق المنع كالأقراص الذكرية والغشاء الحاجز الذي ظهر مؤخراً والواقعي المهبلي؛ ومثل مانع الانغراس RU-486 الذي يمكن تعاطيه بعد

الإخصاب لمنع البويضة المخصبة من الانغراس في الرحم؛ ومثل الأجهزة كالبروستاجلاندين الذي يَسْتَحْتَ المخاض المبكر. في عام ١٩٩٣ قامت شركة أيجون للأدوية بحملة دعائية لترويج ديو - بروفير، وهذا مانع للحمل يحقن، كان يستعمل لفترة طويلة في الدول النامية، وقُدِّم للأمريكيات على أنه "منظم للنسل يكفي أن تذكره أربع مرات في العام".

وتظل قائمة البدائل تطول. قرأت منذ فترة عن مدخل مختلف تماما - سجل براءته طبيباً لأمراض النساء في نيويورك - يقتل الحيوان المنوي بكهرباء ضعيفة. تُدفع بطارية دقيقة لتبقى في عنق الرحم فترة تصل إلى عام، وتولد تياراً كهربائياً ضعيفاً يقل عما يولده ضابط النبض، لكنه يكفي لمنع الحمل. قال المخترع إن ابتكاره هذا قد أثبت نجاحاً بلغ ١٠٠٪ عند اختياره على الحيوان، لكن لم يُسمح بعد لهذا الابتكار أن يجرب على البشر، ولا أعرف إن كان سيُسمح به يوماً. لكننا نتوقع لابتكارات أخرى - من بينها حبوب للرجال وتعقيم عكوس طويل المدى - أن تحصل على الموافقة الرسمية والقبول لدى الناس. ولقد يتضح أن العقبة الرئيسية هي غريزة المقاولات لدى المحامين - فلقد تخصص البعض منهم في رفع القضايا ضد نوريلانت لصالح من استخدموه وادعوا أن له آثاراً جانبية. الصورة معقدة؛ ورغم ذلك، وبغض النظر عن كل التشوش والارتباك الذي يميز زماننا المضطرب بيولوجياً، فإن هناك شيئاً مؤكداً: سيستمر تزايد تنوع وتيسر وفعالية أدوات تنظيم النسل وطرقه.

وكل هذه الوسائل - ما نعرفه منها ونستخدمه، وما لا يزال منها في الطريق - تحمل صفتين متناقضتين: هي تزيد من قوة الفرد، وهي في ذات الوقت تجرنا إلى تعقيدات اجتماعية/ سياسية جديدة.

إن قدرة الفرد على تدبير تكاثره - باستخدام المعلومات عن الطريقة التي يعمل بها التكاثر - هي زَيْدٌ مذهل لقدرة الإنسان الفرد. لكن، مثلما تحيل

الفاكسيناتُ أمراضاً كالجدري إلى قضايا اجتماعية، كذا فإن وسائل تنظيم النسل ومواده تحيل الحمل إلى قضية اجتماعية. والإجهاض هو موضوع واحدة من أكثر قضايا السياسة غضباً. نحن نتجادل في تدريس الجنس، وفي إتاحة معلومات تنظيم النسل ومواده، وفي الموافقة على RU-486. وبشكل أكثر تهذيباً: إننا مطالبون بتعديل قيمنا عن الحجم الأمثل للعائلة. نشأت في عالم كانت فيه العائلة الكبيرة هي مثال الحياة الطيبة. ثم، وفي الستينات، دخل العالم في نظامٍ قيمٍ مستجد تفضّل فيه العائلة الصغيرة - وكان ذلك تحت تأثير القضايا البيعية والأدوار المتغيرة للمرأة. عائلتي كانت من ستة أشقاء، وكان أحد أجدادي فرداً في عائلة من أحد عشر، وهانذا أمامك، أبّ فخور، مُنَزَّه سياسياً، لطفل واحد لا أكثر. يتغير الزمان!

## التكاثر الآن

للطموحات ممن لم يتمكن من الحمل أو من إكمال الحمل، هناك قائمة تتزايد طولاً من الخيارات، وهناك المناخ الثقافي/ السياسي الذي يتغير.

لقد تغير في العقود القليلة الماضية ما هو أكثر من مجرد الاستحسان بالنسبة لحجم العائلة. منذ ما يقل عن أربعين عاماً حكمت محكمة في إلنيوي بأن التلقيح الاصطناعي بمحني غريب - سواء بموافقة الزوج أو بدونها - يعتبر زنا من ناحية الأم، وأن كل طفل يولد عن هذا الطريق طفل غير شرعي. أما اليوم فإن مثل هذا التلقيح يتم روتينياً، ولقد وُلد عن هذه الطريقة ما يزيد على ربع المليون من الأمريكيين. لقد تعودنا على الإخصاب "في الأنبوب"، تعودنا على بنك الحيوانات المنوية (الحيامن) هناك على الناصية القريبة. تفسح النماذج الاجتماعية والمؤسسات المكان في بطء للأُم العزباء، لزوج الشواذ. ولا تزال الأمهات البديلات أمراً خلافياً، لكنني أتوقع أن تجدد لها دوراً بين الأدوار المتزايدة بالحياة العائلية. والأغلب أن تُقن عملية تجميد البويضات حتى لتصبح بنوك البويضات في مثل انتشار بنوك الحيامن الآن. وعلى هذا،

ففي الوقت الذي نتعود فيه على النمو الوطيد في طرق تنظيم النسل، فإننا نتعود أيضا على طرق جديدة لإنجاب الأطفال. إن الاتجاه السائد دائما ما يكون نحو زيادة الخيارات. لقد أصبح التكاثر البشري مختلفا إختلافا جذريا عن تكاثر الحيوانات الأخرى، ثم إن التغير - من المنظور التطوري - يحدث ما بين طرفة عين وانتباهتها. إن قيمنا وممارساتنا تختلف عن مثيلاتها عند اجدادنا، كما أن قيم وممارسات أحفادنا ستختلف تماما عن مثيلاتها لدينا. إننا نعرف هذا كله - لكننا لا نعرف مدى الاختلاف، وفي أي اتجاه يكون.

والتغيرات في وسائل تنظيم النسل وطرق التكاثر تغيرات لافتة للنظر، ثم انها تخلق راحة الكثيرين. لكن أيا من هذه التغيرات ليس في مثل حساسية اتخاذ قرار بإنجاب طفل، أو قرار بتحديد جنس هذا الطفل. تصبح هذه الخيارات الآن أسهل، والكثيرون يتخذونها. تقوم النساء الحوامل، لاسيما كبيرات السن منهن، باستخدام ثقب السلكي روتينيا، أو غيره من وسائل أخرى، لاختبارات ما قبل الولادة لمعرفة ما إذا الجنين يحمل متلازمة داون أو غير هذه من العيوب الوراثية. والأغلب أن يعرف الآباء جنس الوليد قبل الولادة، كما أن الإخصاب في الأنبوب يجعل اختبارات ما قبل الولادة أسهل كثيرا وأعلى نوعية.

يرى الكثيرون أنه لا يجوز أن تكون لنا مثل هذه الخيارات، وأنه من الواجب أن يُحظر بالقانون بعض (أو كل) تقنيات تنظيم النسل وتقنيات التكاثر. لكن مثل هذا الحظر هو في ذاته اختيار - اختيار سيامي، لا يسهل اتخاذه ولا يسهل فرضه. ثمة وقائع حدثت في إيطاليا تبين ذلك. اشتهرت إيطاليا في أوائل التسعينات بمناخ قانوني متحرر بعض الشيء بالنسبة لقضايا التكاثر. فعلى الرغم من أنها المقر الرئيسي للغاتيكان إلا أنها كانت أيضا أقل بلدان أوروبا في معدل الولادة - الأمر الذي يقترح بشدة أن الكثيرين يمارسون تنظيم النسل - كما أن بها تجارة ناجحة في كل أوجه بدائل التكاثر، مثل التلقيح الاصطناعي والأمهات البديلات. كانت إيطاليا هي

الدولة التي ولدت بها روزانا ديلا كورتي، التي تبلغ من العمر ٦٢ عاماً، بعد أن أنجبت بويضة من واهبة بحي زوج روزانا ثم أعيدت إلى رحمها. كانت إيطاليا هي الدولة التي ولدت بها إليزابيتا، بعد حملها عمتها من بويضة والدتها "الحقيقية" التي توفيت قبل عامين في حادثة.

في عام ١٩٩٥ رأت الجمعية الطبية القومية الإيطالية أن في هذا الكفاية - بل وأكثر من الكفاية - فأصدرت توصيات جديدة للأخلاقيات الطبية. حظرت، من بين ما حظرت، التلقيح الاصطناعي للنساء بعد سن اليأس، والتلقيح الاصطناعي بعد موت الزوج، وكل صور الأمهات البديلات، والتلقيح الاصطناعي للعازبات، وأي انتخاب للحيوانات المنوية يركز على "مكانة الواهب الاجتماعية أو الاقتصادية أو الوظيفية". حثت الجمعية البرلمان الإيطالي على سن قانون بهذه التوصيات. رأى الفاتكيان أن التوصيات هيئة أكثر من اللازم، وأعلن عن موقفه: إن كل التلقيح الاصطناعي لا أخلاقي وحرام. من الناحية الأخرى رأى أحد كبار الاختصاصيين في الخصب (سيفيريني أنتينوري، الرجل الذي قام بإجراءات حمل المرأة ذات الاثنين وستين ربيعاً) أن هذه التوصيات "بها مفارقة تاريخية، وضيق أفق، وأنها مضادة للديموقراطية"، وأعلن أنه يتنوي أن يتحداها. ثمة تحالف للشواذ جنسيا أعلن من جانبه أن هذه التوصيات "خطرة غير شرعية" وحث أعضائه على مقاومتها في المحاكم. صدر بيان صحفي يقرر أن تلك التوصيات قد تكبح بعض التحاوزات، لكن التحريم الكامل الذي تتادي به الكنيسة لن يحظى بين راغبي الإنجاب من الاحترام بأكثر مما حظي به تحريمها لتنظيم النسل. هكذا الأمر في إيطاليا. أما في غيرها من الدول فقد قرأتُ نبؤاً يقول إنه سيصبح من الممكن قريباً أن تحمل المرأة في أي عمر - ليس ثمة حد أعلى على الإطلاق. ويرى نفس هذا المصدر أن متوسط الأجل المتوقع سيرتفع قريباً إلى نحو تسعين عاماً، الأمر الذي يعطي هذا التنبؤ معنى مدهشاً حقاً.

وحتى لو لم تُحرّم تقنيات التكاثر، فإنها تُعدّل عادة بطريقة أو بأخرى، إما عن طريق الأجهزة الحكومية أو عن طريق المنظمات شبه الرسمية المفوضة من السلطة. والعموم الصحية تجعل من هذا ضرورة - كاحتمال أن يُنقل الإيدز مع مني الواهب.

وعلى الرغم من أن هذه القضايا تولّد ما شئت من صبور الخلاف السياسي - ليس فقط حول القضايا الاجتماعية عما يُباح وما لا يباح، وإنما أيضا حول القضايا الاقتصادية عمّن ينتفع بالخيارات التكنولوجية الجديدة، والقضايا الحكومية عمّن له الحق في اتخاذ القرار - على الرغم من ذلك فإن مجتمعاتنا ونظمنا المؤسسية تثبت أنها متجددة لحد مرموق على استيعاب التكنولوجيا الجديدة. وربما كان موضوع اليوجينيا هو أكبر اختبار لقدرتنا على معالجة التطور البيولوجي السريع.

## اليوجينيا الآن

في عام ١٩٩٣ نشر ك النيويورك تايمز قصة، غنية بالسخرية التاريخية، عن جماعة من اليهود الإشكنازي تطبق برنامج اختبار وراثي للشباب. كان هدف البرنامج بسيط: التخلص من أمراض وراثية شائعة بينهم مثل مرض تاي ساكس ومرض التليف الكيسي، فهناك بين اليهود الإشكنازي واحد من كل ٢٥ فرداً يحمل جين مرض تاي ساكس، وواحد من كل ٢٥ يحمل جين مرض التليف الكيسي، وزواج اثنين من حاملي أي من هذين الجينين يعني في كل حمل احتمالاً قدره ٢٥٪ في أن يولد طفل مصاب بالمرض. ومرض تاي ساكس مرض لا علاج له، هو مرض مميت يصيب الطفل في نهاية الأمر بالعمى والشلل. أما من يولد بمرض التليف الكيسي فلا بد أن يعاني طول عمره من مشاكل تنفسية وهضمية، كما يكون النصف منهم قصير العمر.

في كل عام إذن يقوم ممثلو "لجنة الوقاية من الأمراض الوراثية لليهود" بزيارة المدارس الثانوية ويفحصون عينات من دم الطلبة. يحصل كل من يُختبر

على رقم هوية يسجل بالمكتب المركزي للبرنامج. فإذا ما رأى موقِّع الزيجات أن فتاة وفتى قد يرتبطان بالزواج، كانت الخطوة التالية هي الرجوع برقمي الهوية إلى الخط الساخن بالمكتب، ليقرر إن كان هذا الزواج متناغما أم أن كلا من الشاب والشابة يحمل جينا متنحيا، وأنهما قد ينجبان أطفالا يحملون أيا من المرضين. باختصار: لقد تحرك توفيق الزيجات اليهودي التقليدي إلى عصر البيومعلومات.

كان أعضاء الجماعة بوضوح راضين عن البرنامج، الذي أطلق عليه قادة رجال الدين اسم "دور يثوريم" وتعني بالعبرية "جيل الأتقياء". كانت نتائج التطبيق مثيرة حقاً. ثمة تقرير يقول "اليوم، ومع الاختبار المستمر للدور يثوريم، أمكن فعليا أن نمنع ظهور حالات جديدة من مرضى ناي ساكس". امتد المشروع ليشمل اختبار عدة أمراض أخرى، منها التليف الكيسي. لكن مجلة التايمز أجرت أحاديثا مع عدد من الأخلاقيين الخارجيين فوجدتهم منزعين جدا - فليس لهذا من اسم سوى اليوجينيا.

"اليوجينيا" كلمة من أكثر الكلمات رهبة وتفعرا في كل الحوارات البيوأخلاقية. تحمل أجهزة الإعلام تقارير عن بحوث تقود إلى علاج الخط الجرثومي - إلى تغيير جينوم الفرد، ومن ثم الصفات التي ينقلها إلى الأجيال القادمة - وهذا يقرب كثيرا من اليوجينيا. تستعمل كلمة اليوجينيا بالفعل أحيانا، ولكن دائما بالتضمين القوي بأنه لا يصح أن يُسمع بها. ومثل هذه التعبيرات مفهومة تماما، كما أن مثل هذه العواطف جذيرة بالثناء، لكنها أيضا مضللة. فهي تعطي الانطباع بأن اليوجينيا قد مضت - وهو ما لم يحدث - وأنا نستطيع أن نستبعدها من المستقبل - وهو ما لا يمكن. اليوجينيا جزء من الحياة في عالمنا، والتحدي هو أن نفهم ذلك، وأن نتدبره بحكمة.

صاغ هذه الكلمة - من جذر إغريقي يعني طيب المختد - فرانسيس جالتون عام ١٨٨٣. وجالتون هو الألمي ابن خال تشارلس داروين، إن يكن

غريب الأطوار. اقترح جالتون أن يأخذ التطور إلى الخطوة المنطقية التالية، من النظرية إلى التطبيق، وبدأ يصمم برنامجاً خيالياً لربية سلالة متفوقة من البشر.

وأصبحت اليوجينيا قضية واسعة الذبوع - أصبحت هي الموضوعة، مثل حماية البيئة في هذه الأيام، ناصرها بنفس الحماس ذرأونة إجتماعيون يمينيون، واشتراكيون يساريون مثل جورج برنارد شو. وانتشرت إلى الولايات المتحدة حيث وجدت من يحول لها في سخاء مراكز بحثية، مثل "مؤسسة تحسين السلالة" في باتل كريك ميتشجان.

انطلقت اليوجينيا مسعورةً بالولايات المتحدة قبل أن يتبناها النازيون في ألمانيا، وغذاها حماس الأمريكيين للتقدم، وأذكت عابسةً مخاوف المتعصبين من أن المهاجرين الجدد سيلوثون المستودع الجيني الأمريكي القديم الطيب. وكانت النتيجة انفجاراً من برامج للتعقيم الإلزامي للمجرمين وضحايا الأمراض العقلية، وتقييد الهجرة، وقوانين تمنع الزواج بين السلالات. انتهى الكثير من هذه البرامج، وألغيت القوانين، وأغلقت معاهد البحوث. كان من بين أسباب زوالها إدراكٌ غما تدريجياً بأن علومها ورياضياتها كانت غير جديرة بالثقة. لم نعد الآن نصدق أن هناك عجزاً مثل "ضعف العقل" يسببه جين واحد. ولقد بين رجال الإحصاء أنه حتى لو أمكن تحديد هوية مثل هذا العجز، ثم مُنع كل حامله من الزواج (كما اقترح بعض المتحمسين اليوجينيين) فإن الأمر سيتطلب ٨٠٠٠ سنة لخفض عددهم إلى ١ من كل ١٠٠٠٠. ثم كان هناك المثال الفاضل "لألمانيا الجديدة" - وهذه مستعمرة أنشأتها إليزابيث نيتشه (شقيقة فريدريك) في باراجواي. زودت مستعمرتها اليوجينية البوتوية عينات من البشر ممتازة، مختارة "لنقاء الدم الألماني". وشجعتهم على التزوية بالانتخاب نحو سلالة من السورمان. وكانت النتيجة - التي يمكن رؤيتها في تلك المنطقة - باراجويين زرق العيون، معظمهم فقراء مرضى. فقدت فكرة تحسين المستودع الجيني البشري زخمها لأسباب عديدة كحركة سياسية جماهيرية.



واليوم، ومع زيادة المتاح من المعلومات الوراثية، سنجد أن أناساً أكثر وأكثر يتخذون قرارات يوجينية واقعية - عندما يختار زوجان أن يجهضا جنينهما المتخلف عقلياً، عندما يتخذ أحد الزوجين قراراً بعدم الإنجاب لأنه أو لأنها تحمل جيناً لمرض وراثي، عندما يفحص بنك الحيامن الواهبين المحتملين للكشف عما يحملونه من صفات. فإذا كانت اليوجينيا هي توجيه تواليد البشر، أو هي محاولة تحسين الإرث الوراثي لمن لم يولد بعد، فكل ما سبق يندرج تحت هذا المعنى. قد يكون هناك الآن من اليوجينيا الحقيقية أكثر مما كان أيام فورتها.

ومعظم اليوجينيا الواقعية يوجينيا قصيرة المدى - مثل اختبار الأزواج الحامل الذي يجهضون أو الحمل الذي يستبقون - أو يوجينيا محدودة المجال - مثل حالة الجماعة اليهودية في نيويورك. يمكنك أيضاً أن تلاحظ تضمينات يوجينية مكنية في سياسات معاهد عامة أو شبه عامة. قرر أحد كبار الرسميين بولاية كاليفورنيا ضرورة أن يُعرض على كل حامل أن تجري فحراً لمرض وراثي واحد، وكان ذلك على أمل مُعلن هو "أن بعض من سيحدثن بالجنين عيوباً بالقناة العصبية سيختزن الاجهاض". عندما وُضع دليل "الجمعية الدولية لمرض هنتجتون" عام ١٩٩٠، أعلنوا أنهم يقبلون رفض اختبار النساء اللواتي قد يحملن مرض هنتجتون إلا إذا قُدِّمن "ضماناً كاملاً بأن يجهضن الجنين إذا اتضح أنه قد يكون مصاباً". أما ذلك النوع من برامج التربية الذي يشمل أمة، والذي تطلع إليه جالتون وزملاؤه، والذي بدأ هتلر والرايخ الثالث في تطبيقه - والذي يعود إلى الذاكرة عندما نسمع كلمة يوجينيا - فلم يعد له مكان الآن. لكن، في عصر البيومعلومات، تبرز على الدوام قضايا يوجينية من مختلف الألوان. أو كما قالها ستيف جونز، أحد كبار علماء الوراثة بجامعة لندن: "لن نجد لدى أي عالم جاد الآن أدنى اهتمام بإنتاج مجتمع مخطط وراثياً. لكن الانفجار في علم الوراثة يعني أننا سنواجه لا محالة - شئنا أم أبينا

- مشاكل أخلاقية تتعلق بمقنا في اتخاذ قرارات مُتعمدة حول تطور الإنسان".

ثم حجة طيبة للتفكير بعقل مفتوح في الولوجينا الواقعية ، وهي الواقع الملحوظ للديسجينيا الواقعية - تدهور المستودع الجيني البشري نتيجة للتدخلات الاجتماعية والطبية المختلفة. فكل ما تقوم به العلوم الطبية لإطالة الحياة التناسلية لمن يولد. معرض وراثي، سيستمر نسلًا يحمل جينات هذا المرض. ومع تحسن علاج مرض التليف الكيسي، ومع قيام العلاج الوراثي بإفناذ أرواح الأطفال المرضى بالاضطراب المناعي المشترك الحاد، سيتمكن معظم هؤلاء من الزواج والحياة حياةً تناسلية طبيعية، ليولد عدد أكبر من الأطفال يحملون هذه الجينات. حذر بول سيلفرمان، من جامعة كاليفورنيا في إيرفين - وهو واحد من أبرز الأخلاقيين الطبيين - حذر من أننا قد نكون ماضين في تكوين عشيرة بشرية يتزايد اعتمادها على الرعاية الصحية :

يستعمل الطب الحديث تنويعه من الوسائل العلاجية تمكن الكثيرين من البقاء حتى عمر متقدم، الكثيرين ممن كانوا سيموتون، لولاها، في سن الطفولة. الفاكسينات والمضادات الحيوية تقى البشر من سلسلة طويلة من أمراض كانت قبلاً تعتبر شائعة: شلل الأطفال، الحمى القرمزية، التيفانوس، السعال الديكي... الخ؛ تُصلح بالجراحات التشوهات الخلقية؛ مرضى السكر والنفز الدموي يُحفظون بمركبات جهرية لا تسمح وراثتهم بإنتاجها؛ سرطانات الطفولة واللوكميميا تعالج بالكيمائيات والإشعاع ونقل نخاع العظام. وبمحاميتنا الأطفال وعلاجهم لوقف آثار الانتخاب الطبيعي ضد الأمراض والعيوب الوراثية، فإننا نكون قد خلقنا مستودعاً جينياً تتزايد قابليته للإصابة بالأمراض المعدية والخبيثة في أواخر العمر. فإذا لم نستمر في اتباع الطرق الصحية العامة والخاصة وفي استعمال مضادات التلوث، فقد تظهر أوبئة لا يُقبل لنا بها.

ومن عجب أن تكون الهجرة الكرضية واحدة من أكبر القوى في تحسين المستودع الجيني البشري في الوقت الحالي - وكانت الهجرة هي أنفطع ما يخشاه البوجينيون العنصريون الذين رأوا في الهجرة والتلاقح بين السلالات عيباً وراثياً يتزايد في العشيرة الأمريكية. على أن جونز يعتقد أن الهجرة وتلاقح السلالات يتسببان في انخفاض جوهري في العيوب الوراثية. يقول: "حيثما وجهنا النظر، فثمة ما هو واضح: لقد تناقصت التربية الداخلية بالعشائر البشرية في الماضي التطوري القريب. إن تزايد الزواج من خارج المجموعة هو واحد من أكثر التغيرات درامية في التاريخ التطوري الحديث، ولقد تفوق آثاره كل ما قد يقوم به علم الوراثة الطبية".

ولما كانت الاعتبارات البوجينية قد استُغِلت في تمرير التشريعات ضد الهجرة، فقد يجادل الفرد منا الآن بأن المعلومات الحالية تتطلب أن تقوم الحكومات بإزالة كل الحواجز وبأن تبذل كل ما تستطيع لزيادة الهجرة وتحرك البشر، لخدمة رفاهة العالم الوراثية. أنا لا أفترض أن هذا سيحدث قريباً - لكن فكرة جونز عن الآثار البوجينية للهجرة - وهي بالضبط عكس النظرة التي سادت الفكر الغربي يوما - تقدم مثلاً رائعاً عن: كيف يتغير المنظور تغيراً جذرياً في فترة من الزمن بالغة القصر. لا يزال لدينا بالطبع قدر كبير من العصبية المحلية، لكنها فقدت أساسها المنطقي.

على أنني أرى أن جونز كان مخطئاً في ظنه أن الهجرة ستظل قوة بوجينية أقوى فعالية من الوراثة الطبية. هذا بلا شك صحيح في الوقت الحالي، لكن هناك من الأسباب ما يجعلنا نعتقد أن مرحلة "الخلية الجسدية" في العلاج الوراثي ستمضي وبسرعة نحو مرحلة "الخط الجرثومي" - نعتي من المعالجة الوراثية - التي تعالج أو تشفي مريضاً - إلى معالجة وراثية تحور الجينات التناسلية بحيث لا ينتقل المرض إلى نسله - وأنا استخدم هنا كلمة نسله (لا نسلها) متعمداً، لأن المرأة تولد وبها كل البويضات التي ستستخدمها طيلة حياتها. أما في الرجال فإن الخلايا الجذعية المنتجة للحيامن تظل نشطة طوال

سني التكاثر. وعلى هذا فالأغلب أن يتم في ذكر أول علاج للخط الجرثومي. ومن الممكن جدا أن يحدث هذا من جراء الإهمال، فالمعروف أن بعض الناقلات التي تستخدم لإيلاج الجينات العلاجية في خلايا الجسم - مثل بعض فيروسات الانفلونزا والهربس - تهاجم الأنسجة التناسلية - نعي أن العلاج المستمر لشخص يعاني من التليف الكيسي، بهدف دفع خلاياه إلى إنتاج بروتين يلطف الحشرة والتهاب الرئة، قد يجعل الجين قادراً على أن ينتج نفس البروتين في خلاياه التناسلية، وتكون النتيجة ألا يولد نسله وبه مرض التليف الكيسي. هذا احتمال واقعي جداً له - مثل الكثير من العلاجات بالجينات - وجهه الطلق ووجهه المخيف. في أثناء كتابة هذا الكتاب كانت اللجنة الاستشارية للتطعيم تُشكّل مجموعة عمل لدراسة "قضية الخط الجرثومي".

تُختبر في الوقت نفسه بضعة مداخل متعمدة في علاج الخط الجرثومي. ثمة وسيلة لتحويل جينات "ما قبل الجين" أثناء الاختصاب في الأنبوب، قبل أن يُغرس الجنين في رحم الأم. وهناك أخرى - نجحت بالفعل في الحيوانات - تولج فيها الجينات في الجنين، وطريقة ثالثة تُلخص في استزراع الحيوانات المنوية وتحويلها ثم استخدامها في التلقيح الاصطناعي أو في التلقيح بالأنبوب. أما المتوقع الآن فهو أن العلاج الجيني للخلايا الجسدية سيصبح طباً معيارياً عند تحول القرن، وقد لا يتخلف عنه كثيراً علاج الخط الجرثومي - إن تخلف على الإطلاق.

هذه بلا جدال خطوة تطورية خطيرة، خطوة ستأخذ حظها من الجدل الحامي عندما يتكشف أن هناك من يتأهبون للعمل عليها، أو يعملون عليها، أو قد نجحوا فيها فعلاً، وستكون اليوجينيا جزءاً من ذلك الجدل.

والواقع أنه من الممكن أن تُستخدم الآن الاعتبارات التطورية ضد علاج الخلايا الجسدية بالجينات، فترجع صدى القضية التي أثارها سبنسر، وعدد من

المتحمسين للدارونية، ضد التطعيم: إنه سيمكن بعض الناس، ممن كانوا سيهلكون لولاه، من البقاء والتناسل. أما علاج الخط الجرثومي فهو يوجيني.

وأنا أشك في أن تصبح اعتبارات المستودع الجيني البشري كله هي العامل الحاكم عند من يتخذون القرارات الوراثية. لكن من المحتمل تماماً أن يختار علاج الخط الجرثومي سلالة العائلات ذات التاريخ الطويل في ولادة أطفال يحملون مرضاً وراثياً مثل مرض هنتنغتون أو تاي ساكس - إذا كان هذا العلاج يبعد بالتخلص من المرض في الأجيال التالية. ومن المعقول جداً، أيضاً، أن يغدو البعض من هذه الأمراض بلا أهمية - من خلال الجمع بين الفرز الوراثي والعلاج بالجينات - فتأخذ طريق الجدري إلى غير عودة.

كل هذه احتمالات يوجينية حقيقية، ستصبح بلا شك مع تقدم الزمن قضايا يوجينية حقيقية تُناقش على أسس اقتصادية وأخلاقية. إنها تتعلق بنمط ضيق - إن يكن كبيراً وهاماً - من الاضطرابات ثبت أنه وراثي، ويتضمن في العادة جينا واحداً. وهذه الاحتمالات لا تتعلق بالتخلص من صور غير واضحة التحديد من القصور - مثل "ضعف العقل" - لا ولا هي تتعلق بتوليد سلالة من العمالة و/أو العاقرة، وإنما تختص بمشاكل واقعية محددة يتعامل معها الناس الآن، وقد يتعاملون معها بطرق مختلفة. لم يعد موضوع التطور الوراثي البشري - أو الأفعال البشرية التي قد تشكل طريق هذا التطور - المملكة الخاصة باليوتوبيين والعنصريين، وإن كنا سنسمع أصوات هؤلاء بلا شك. تصبح المعلومات عن الوراثة الآن جزءاً من حياتنا اليومية، ليكتشف الناس بالتدريج أن الكثير من القرارات الشخصية والمياسية لها نتائج وراثية. ومثل هذا التفهم في ذاته بعداً آخر للعلاقات الجديدة والالتزامات الاجتماعية التي يخلقها التحول التطوري الحالي. إذا كانت هذه يوجينيا، فدعنا نغتنمها على غير وجه .



## **الجزء الثالث**

# **تطور الزراعة والصناعة**





## الفصل الثامن

### إعادة ابتكار الزراعة

اليوم، ومنع ظهور المناهج العلمية، ومع التكنولوجيا التي اصطُلحت التطور التاريخي لهذه المناهج، أصبحت الزراعة مشروعاً علمياً حقاً. العلم يسود: بدءاً من التفهم الأساسي لطبيعة النبات والحيوان والترمة والبيئة والمؤسسات (الأسواق خصوصاً)، وحتى تطبيقات هذا التفهم في إنتاج الغذاء وتصنيعه.

— كورالس بوش.

تشير أعز الأعمال التي قام بها الآثاريون بجامعة ييل، إلى أن الزراعة قد اُبتكرت منذ نحو عشرة آلاف عام، ابتكرها أناس كانوا يعيشون على التلال بالطرف الشمالي للبحر الميت. كانت هذه هي حضارة النطوف، وهذا اسم الشعب الذي أقام هذه الحضارة المتقدمة وسكن هذه المنطقة فترة طويلة، وتمكّن بالفعل من حياة مستقرة. كانت لهم منازل حسنة البناء وتركيب اجتماعي مصقول وكانت لهم أدواتهم: مناجل من الحجر الصوان وهاونات حجرية يستخدمونها في حصد الحبوب ومعالجتها. ثم، وفي مرحلة معينة، تحولوا إلى زراعة الحبوب وتصنيعها. كان هذا التحول هو أعظم ما حدث من تحولات في مجرى تطور الإنسان.

يقول الآثاريون إن الابتكار كان نتيجة "لقاء مصادفات". من المفروض أن يجتمع عناصر أربعة في نفس الوقت: الموارد الوراثية، التكنولوجيا، النظام الاجتماعي، والحاجة.

كانت الموارد الوراثية هي الحبوب البرية المتاحة التي تعود الناس على حصدها. أما التكنولوجيا فكانت معرفتهم بطريقة حصده مثل هذه الحبوب والتعامل معها، بجانب ما طوروه من أدوات لهذا الغرض. وكان النظام الاجتماعي أمراً جوهرياً: فلم يكن لمجتمع بدوي بدائي أن يتمكن من تنظيم العمل وتوزيع الغذاء. أما الحاجة: فإن التاريخ - كما تقترح النظرية - يقول إن المناخ كان آنذاك يتغير في وادي الأردن منذ فترة - ليصبح أكثر حرارة وجفافاً. جفت اليرك الصغيرة، فاضطروا إلى التراجع نحو برك أكبر بالمنطقة، وتسببت كثرة التحرك في عجز في الغذاء، كما تسبب الجفاف في ذات الوقت في اختزال مواطن الحياة البرية وفي قصر موسم الحبوب.

لكن هذه الأزمة منحتهم الفرصة. المناخ الأدفأ يزكي الأنواع الحولية من الحبوب البرية والخضراوات - تلك التي تكمل دورات حياتها في آخر الربيع - لا الأنواع المعمرة. كانت حبوب الحوليات أكبر حجماً، تحميتها قشور، ويمكنها أن تبقى حية خلال الصيف الجاف القاسي، لتتبق في الأشتية الباردة المطيرة. والمفترض أن بعض النطوف الأذكباء قد لاحظوا هذا، وبدأوا في تشجيعه شيئاً فشيئاً، كل عام، بتخزين الحبوب بعد الحصاد ثم زراعتها في الموسم المطير التالي. بدأ بدأت الحياة الزراعية - ربما دون أن تُلحظ في بادئ الأمر: وقتٌ للبذر ووقتٌ للحصاد.

ربما لم يحدث ذلك بالطريقة التي وصفتها بالضبط - وربما حدث هذا أيضاً في أوقات أخرى بأمكن أخرى - لكنه حدث. أصبحت منطقة نهر الأردن زراعية، أصبح ساكنوها ضرباً آخر من البشر. تمثل هذه التقلبات قفزات في التطور الحضاري للإنسان - من حياة الصائد جامع الثمار إلى الزراعة - وتحرك سلسلة مستمرة من تغيرات أبعاد. يزداد المخزون من الغذاء، ويزداد تعداد السكان. تقام المدن وتنشأ نظم جديدة دينية وسياسية. ولقد حدثت أيضاً تغيرات في التطور الوراثي، إذ اتجه المزارعون البدائيون - دون أدنى فكرة في البداية عن تربية النبات - إلى جمع سلالات طافرة حبوبها

قوية الاتصال بالقَصَلَة بحيث يمكن أن تُحصَد وتُنقَل إلى القرية. تشير الدلائل الأركيولوجية إلى أن النباتات الطافرة التي تحفظ حيوبها بمتلفة قد سادت تماماً حقول منطقة الأردن خلال فترة قصيرة من الزمن. ومع تطور الزراعة هناك، كان أن امتدت إلى الشمال - المعلومات تتسرب، الناس تتحرك - وسرعان ما انتشرت زراعة القمح والشعير والبسلة والفلول في تركيا والعراق، مع كل ما يصاحب ذلك من آثار على النظم الإيكولوجية وعلى الوظائف التطورية للأنواع المختلفة من النبات والحيوان.

ومنذ ذلك التاريخ، ابتكرت الزراعة وأعيد ابتكارها مع الزمن عدة مرات. ومن إعادات الابتكار حدث ثلاث بارزة: كانت أولها هي التربة العلمية للنبات، بُنيت القرن العشرين. لم يكن هناك "تربة" على الإطلاق إلى أن عُرِفَت الطبيعة التناسلية للنبات، أما قبل ذلك فكانت أهم طرق تحسين النبات هي اختيار وزراعة أفضل العينات. وبعد بزوغ علم الوراثة في بداية هذا القرن أصبحت التربة نشاطاً عالمياً يتركز معظمه في مؤسسات يدعمها المال العام. وكانت الميكنة الزراعية هي إعادة الابتكار الثانية - والحق أنها كانت سلسلة من الابتكارات، من بين ما أذكره عن حياتي المبكرة بمزرعة ماشية في نيفادا، صور حية لماكينات حش محاصيل العلف، وكانت تحسينات أنيقة لمنحل اليد المستخدم في القرون الوسطى - إنما يسعجه فريق من خيول العمل. انقضى عهد خيول العمل الآن هو الآخر، وتغيرت الصورة المَقُولَة للمُزارع الأمريكي - من رجل محراث إلى رجل فوق جرار. تنحو الميكنة إلى تقليل قدر العمل المبذول لإنتاج الغذاء، وزيادة المدخلات من الوقود الحفري. ثم، وفي سني ما بعد الحرب العالمية الثانية، تحولت الزراعة مرة ثالثة بتطوير الكيماويات العضوية. ارتفعت الإنتاجية مع استخدام المخصبات الكيماوية ومبيدات الآفات ومبيدات الأعشاب، لكنها تسببت في مشاكل هائلة: تلوث البيئة والإضرار بصحة عمال المزرعة. أما التحدي اليوم فهو زيادة الإنتاجية مرة أخرى، على أن يتم ذلك دون آثار جانبية سلبية - إن أمكن. أن نحصل

على مزايا بيئية وصحية بتقليل الوقود الحفري والإستغناء عن معظم الكيماويات الزراعية.

## التحول التالي

يختلف الوضع العالمي الحالي اختلافاً بيناً عن الأزمة المحلية التي واجهت النطوف، لكنه يشبهها في بعض النواحي الأعمق. مرة أخرى تتلاقى العوامل الأربعة ذاتها: المصادر الوراثية، التكنولوجيا، النظام الاجتماعي، والحاجة. لكن المصادر هذه المرة أصبحت مكتبةً كرضية من المعلومات الوراثية يمكن تطويعها لاستخدامات جديدة. والتكنولوجيات الحديثة - لاسيما البيوتكنولوجيات - تمكّنتنا من أن نفعل بالنبات ما لم تتمكن منه أبداً قبلاً. ولدينا تركيبة اجتماعية من منظمات عامة وخاصة - إن تكن دون ما يستدعيه الوضع الحالي - تدعم بعض البحوث والتنمية وتساعد بعض منتجي الغذاء في الوصول إلى الجديد من التكنولوجيات والمعلومات. ثم إن الحاجة إلى إنتاج أفضل من الغذاء وتوزيع أفضل له - تلك التي نشأت عن الانفجار السكاني والضغط البيئي - هي أمر واضح جليّ، بل والأغلب أن تنفقم هذه الحاجة.

غير أن عشرة آلاف عام من التاريخ قد علمتنا أن أخطر إعادات ابتكار الزراعة ليست مجرد تعديلات تكنولوجية بسيطة تُستعمل في المزرعة دون أن تؤثر فينا جميعاً. إنها خطوات على طول طريق التطور الحضاري والوراثي - نقلات واسعة النطاق تعيد تشكيل المجتمعات والحكومات والاقتصاديات والنظم الإيكولوجية. تكون نتائج الكثير من هذه النقلات متفاوتة الأثر - طيبة للبعض سيئة للبعض الآخر - ويكون لجانب منها آثار ثانوية مكلفة ومدمرة. وعلى هذا، فإذا ظهرت ثورة زراعية جديدة على الطريق قادمة - وهناك الآن بالتأكيد واحدة - تباين الناس والجماعات كثيراً في استجاباتهم

لها، وتباينت درجة حماسهم، وقدموا تنبؤات غاية في التباين حول ما قد تكون عليها نتائجها.

للزراعة معسكراتها الإيديولوجية الخاصة، التي تكاد تناظر المعسكرات الطبية. فمن ناحية، هناك مؤسسة الأعمال الزراعية، بآلياتها الثقيلة، وقوتها الضاربة من الكيماويات، وشبكاتها من الروابط القلبية بين الجامعات والتجارة والحكومة. يميل أعضاء هذه المؤسسة إلى أن يتخذوا موقف الدفاع عند الحديث عن عيوب الإبداعات السابقة، وهم متفائلون إلى أبعد مدى بالنسبة للوعود الزاهية بما سيأتي من ابتكارات. وهناك من ناحية أخرى الجيفرسونيون العصريون الذين يعشقون - من بُعدٍ مريح، كما لاحظتُ - المباحجَ والفضائل المتأصلة في حياة المزرعة، ويحبذوا لو كانت صغيرة وكانت متحفظة في تطبيقها للتكنولوجيا. تضم هذه المجموعة أنصارَ الزراعة العضوية - ولهم شبكتهم الخاصة من المحازن والمطاعم والمطبوعات ومراكز البحوث - ومعهم الكثيرين من البيئيين. ومثلما تتمسك مؤسسة الأعمال الزراعية، في قوة، بإيديولوجيا التقدم، كذا تتمسك الجماعة الأخيرة بإيمانها الراسخ بأن التكنولوجيا هي عدو الإنسانية والطبيعة، وبأن الحلول التكنولوجية لا تجلب إلا مشاكل جديدة.

يدرك الطرفان أهمية المعلومات في الزراعة، ولكن آراءهما تختلف بشكل مذهل بشأن ماهية المعلومات المفيدة ومن أين تأتي. فمؤسسة الأعمال الزراعية تنظر إلى المعامل والمدارس الزراعية وكبار منتجي البذور والكيماويات. وأفضل المعلومات في نظرهم هو ما يتخذ صورة الحقائق العلمية. أما الجماعة الأخرى فأفضل المعلومات لديها على الأغلب هي الحكمة، التي غالبا ما يجدونها في الثقافات القديمة أو في معارف المزارع الذي يعمل بيديه. يميل مؤسسة الأعمال الزراعية إلى الاعتقاد بأن الجديد في العالم والتكنولوجيا يأتيان استجابة إلى الحاجة، أما الجماعة الأخرى، فتعتقد أن

الجديد في العلوم والتكنولوجيا يُفرض في أحوال كثيرة على المزارع بغض النظر عن حاجته إليه.

تتداخل اهتمامات المجموعتين في الواقع، فهما ليسا كيائين منفصلين، فلقد نجد البعض من مجموعة الأعمال الزراعية وهم يرودون مبدعين مجالاً أقل صرامة من الناحية الإيكولوجية. ولعل أفضل مثال على ما أقصده هنا هو "المكافحة المتكاملة للآفات" - وهذا منهج معقد يربط ما بين الزراعة رفيعة التكنولوجيا وبين المسئولية البيئية، وهو يستخدم حشداً من التقنيات يضم التحليل الكيميوتري لأنماط حياة الحشرة أو المفترس، والدورة الزراعية، ومصائد كهربائية بارعة للحشرات، ثم - وحيثما كان ملائماً - استعمالاً محدوداً من المبيدات الكيميائية. ويحتاج من يستخدم المكافحة المتكاملة من المزارعين إلى مستشار - يسمى عادة باسم "الرائد" - بديلاً عن نصائح الممثل المحلي لشركة كيمائية. وهذا الرائد - مثل رجال التعداد - يمضي إلى الحقل ومعه جهاز يشبه مكتسة كهربائية ضخمة، يجمع به عينات من الحشرات لتحديد الطبيعة الواقعية لعشيرة الآفات بالحقل. يمكنه بتحليل البيانات أن ينصح المزارع بالاستراتيجية المثلى لمقاومة الآفة. وقد يتضمن هذا استخدام المقاومة البيولوجية - حشرات أخرى - أو قد يتضمن استخدام مبيد الآفات في وقت معلوم في فصل النمو. والهدف هو استعمال أفضل تقنية متاحة، بصورة اقتصادية انتقائية، وتجنب الرش المكثف بالكيمائيات الزراعية، والتي أصبحت تُميّز - بكل أسف - الكثير من الزراعات الحديثة.

وهذا المدخل الفلسفي - الرغبة الخلاقة في استخدام التكنولوجيات الرفيعة في إنتاج كفاء مسئول بيئياً - هو أفضل أمل لحل بعض النزاع الإيديولوجي، وأنا أعتقد أنه يمثل الاتجاه السائد في زراعة المستقبل. لكن لنا أن نتوقع على طول الطريق الكثير من المعارك بين عشاق التكنولوجيا وكارهيها.

## الزراعة الوراثية

الحق أنه ليس ثمة من شك - أيا كانت نزعتك الجمالية أو الإيديولوجية تجاه الزراعة - في أن الروابط بين إنتاج الغذاء والعلم قد تزايدت كثيرا. تتحول الزراعة على طول العالم وعرضه بسبب الاكتشافات العلمية والابتكارات التكنولوجية. ونتيجة للزينة العلمية للنبات ستجد كل هذه المفردات المتاحة بالسوبر ماركت - وفي مخازن البقالة العضوية - مفردات لم تكن موجودة منذ قرن. ثم إن طبيعة الزراعة تتغير هي الأخرى - وأصبح الكثير منها يبدو وكأنه ما يسمى "مشاريع التجارة الزراعية" أو "الصناعة الزراعية".

خذ مثلا نتيجة أبحاث اثنين من المربين بالولايات المتحدة قاما بإجراء تجارب مثيرة على الذرة ما بين عامي ١٩٠٧ و ١٩١٠. تمكنا من إنتاج خطوط مرباة داخليا من الذرة، ثم لقحا هذه السلالات لإنتاج هُجُن - سلالات منتجة غاية في القوة، لكنها عقيمة. انتهت هذه التجارب إلى اختبارات حقلية نظامية في العشرينات، وبسرعة قبل المزارعون المهجن عندما أتاحت لهم تجاريا. في عام ١٩٣٣ كانت النسبة من أراضي الذرة المخصصة للهجن أقل من ١٪، وبعد عشر سنين وصلت النسبة إلى ٩٩٪. ساعد المزارعون بالذرة الجديدة بسبب تماثلها وإنتاجها المرتفع ومقاومتها للأمراض، وسعدت بها أيضا شركات البذور لأن المزارع يحتاج إلى شراء بذور جديدة في كل عام. هذا التطور إذن أنتج ذرة أفضل ومحصولاً أعلى - لكن كان مثَلَبَة - التماثل الوراثي للمحاصيل. فعلى الرغم من وجود عدد من سلالات الذرة فقد كانت جميعا متماثلة وراثيا - متماثلة أيضا في قابليتها للإصابة بمرض لفحة الذرة الذي تفشى بالولايات المتحدة عام ١٩٧٠، ودمر نصف المحصول في العديد من الولايات الجنوبية.

والإيك مثال آخر: أكبر ما حدث من تطورات مشهودة في تاريخ إنتاج غذاء الانسان. أنتجت الثورة الخضراء سلالات جديدة عالية الإنتاج من القمح والذرة والأرز، تسببت في زيادات مذهلة في إنتاج الغذاء، ولقد كان التحول أكبر حتى مما حدث عند ظهور الذرة المحجين. ففيما بين عامي ١٩٦٠ و ١٩٧٠ تحول أكثر من ٧٠٪ من مساحات القمح بينجلاديش والهند ونيبال وباكستان إلى زراعة سلالات القمح الجديدة، الأمر الذي حال دون وقوع مجاعة هائلة كانت متوقعة بالهند، لتصبح الهند في الواقع مصدراً للغذاء. ومنثلا أصبحت أيضاً إندونيسيا، التي كانت يوماً أكبر دول العالم استيراداً للآرز. لكن الإنتاج الوفير يحتاج قدراً كبيراً من المياه وكميات وفيرة من الأسمدة والمبيدات. تغيرت النظم الزراعية، وتبعته أيضاً تغيرات اجتماعية واقتصادية، وتكنولوجيا ثانوية. حصل الفقراء على الغذاء، وتضخمست ثروة البعض من كبار ملاك الأراضي. هُجرت العربات التي تجرها الثيران وحل الجرار محلها. كتب أحد المعلقين يقول: "أدت التكنولوجيا الجديدة إلى تغير في أنماط المحاصيل وفي طرق الإنتاج، أسرع بتطوير زراعة رأسمالية موجهة إلى السوق، كما عجلت بزوال زراعة الكفاف". وعلى هذا فستقابل الكثيرين ممن يرفضون الثورة الخضراء إلى حد يصل إلى الازدراء، ويرون فيها شيئاً فرضه العلماء في تهجم على الجماهير.

تلقى هذه النماذج التاريخية ظلالها على خلفية الثورة الزراعية العلمية الجديدة، التي تنشأ الآن. وهي تصلح كأدلة واعدة على أن في مقدور العلم الزراعي أن يؤدي أشياء رائعة، كما نخدم كرسالة تذكركنا بأن الأشياء الرائعة تحمل عادة بطاقة سعرها.

لأسباب عديدة ظلت التطبيقات الزراعية للبيوتكنولوجيا متخلفة لفترة عن التطبيقات الطبية. من بين الأسباب، أنه لم تكن هناك قاعدة بحثية كافية تبني عليها - فلقد استفادت البيوتكنولوجيا الطبية كثيراً من التراث العلمي لحملة "الحرب ضد السرطان" التي أُغذقت فيها على البحوث ملايين الدولارات من



الأموال العامة. ثمة سبب آخر هو أن المعارضين للبيوتكنولوجيا قد تمكنوا من تحريك الرأي العام بشكل أكثر فعالية ضد اختبارات الحقل التي قد تكون لها نتائج غير محسوبة، وضد المنتجات الزراعية الجديدة التي قد تحمل مفاجآت غذائية غير سارة. ووجهت أولى محاولات الاختبار الحقلية لمنتج زراعي بيوتكنولوجي بالولايات المتحدة - وكان سلالة محورة وراثيا من بكتريا سيلوموناس (والسلالة البرية منها تدمر المحاصيل إذ تكون بلورات ثلجية على أوراق النبات) - ووجهت بدعاوي قضائية، ومظاهرات، وتخريب متعمد للممتلكات العامة، في مناطق عديدة بكاليفورنيا كان المفترض أن يجرى بها الاختبار. كانت هذه السلالة من البكتريا واحداً من منتجات البيوتكنولوجيا الوراثية، لم يُصَف فيها شيء، إنما أُزيل الجين المسبب في تكون بلورات الثلج. كانت فكرة العلماء - وهي إحدى الاستراتيجيات الأساسية للمقاومة الحيوية - هي أن تُرش البكتريا المحورة على النباتات، لتنافس السلالات البرية وتحتل مكانها على الأوراق. وعندما أمكن اختبارها في نهاية الأمر، كان أداؤها بالضبط كما أعلن وبدون نتائج معاكسة - ولكن ليس قبل أن تُعرض على الجمهور سيناريوهات من الخيال العلمي مفرغة عن بكتريا محورة ينفلت عيارها وتتكاثر بلا حدود. ثمة مقالة ظهرت بمجلة "جزيرة الأرض" البيئية - مستشهدة في فحاجة بسيناريو الجيرمي ريفكين ذي الخيال الواسع والمعارض العنيف للبيوتكنولوجيا - حذرت من أن "خفض درجة الحرارة التي تتجمد عندها الأمطار التي تسقط فوق سلاسل الجبال الرئيسية، والذي ستسببه هذه البكتريا المحورة، سيققل بصورة جوهرية من كمية الجليد التي تسقط، الأمر الذي سيؤثر حتما على منتجات الترحلق على الجليد، والأسوأ أنه سيزيد من كمية ماء المطر الجاري فوق سطح الأرض ليفرق التسلال والأراضي المنخفضة".

كان إدخال طماطم فلافر سافر أيضا من بين معالم التحرك، إلى زراعة مزيدة بيوتكنولوجيا، التي حظيت بنسب وافر من الضجة الإعلامية. والواقع

أن هذه الطماطم كانت هي المنتج الثالث لتكنولوجيا الدنا المطعم الذي أجازته مصلحة الغذاء الأمريكية - كان المنتج الأول هو كاي - ماكس، المعادل البيوتكنولوجي لإنزيم معدة العجول المستخدم في صناعة الجبن (المتفحة). لسبب ما لم يهتم أحد بالكاي - ماكس، وبعد بضع سنين وصلت نسبة منتجات الجبن الذي استخدم الكاي ماكس في تصنيعه إلى ٥٠٪. أما المنتج الثاني فكان السوماتوتروين البقري، وهذا هرمون للنمو يشجع إنتاج اللبن في الأبقار.

عندما استخدم هذا الهرمون لأول مرة قامت ضجة من جدل مرتبك حامي الوطيس. أثار النشاط المضادون للبيوتكنولوجيا قضية عامة بالاشتراك مع صغار مزارعي إنتاج اللبن الذين خشوا من الإفلاس إذا أصبحت المزارع الكبيرة أكثر انتاجاً. أثارت المخاوف من أذى محتمل يقع على المستهلك من اللبن الناتج بهذه الطريقة، وأدى هذا إلى جدل واسع حول وجود قروق بين هذا الهرمون المطعوم، وبين الهرمون الموجود في لبن كل الأبقار على أية حال. قامت شركة بين وجيري للآيس كريم، الملتزمة سياسياً، بإلصاق بطاقات على منتجاتها تعلن فيها أن المؤسسة لا تشتري منتجات اللبن من مزارع تحقق أبقارها بهذا الهرمون المطعوم. كان هذا شيئاً طيباً بالنسبة لبعض المستهلكين، وإن كان بعض الناقدين قد أشاروا إلى أن الآيس كريم الممتاز لهذه الشركة قد يكون خالياً من الهرمون غير الطبيعي، لكنه مُثَقَّل بالدهن الطبيعي - القاتل - للبن.

ثم جاءت طماطم فلافر سافر، مُنتج من منتجات تكنولوجيا التعطيل الوراثي، صُمِّم لتَضجُّ الثمار على النبات بحيث لا تنهراً حتى تصل إلى المائدة. كان هذا أول منتج يتذوقه المستهلك عارفاً أنه يأكل منتجاً بيوتكنولوجيا. ولقد أثار قدراً هائلاً من الخلاف - ثارت الشكوك في أن تكون هذه الطماطم ناقصة من الناحية الغذائية، أو حتى خطيرة. شهدت عدداً من المؤتمرات نقشت بها هذه القضايا، وكانت الدعوى الوحيدة المقنعة ضد

فلأفّر سافر فيما سمعت هي احتمال أن يكون بعض الناس حساساً لها. لم نصبل بعد إلى إجابة شافية لهذه المسألة، لكن آخر ما ظهر من تقارير يقول إن هذه الطماطم قد قُبِلت ووجدت طريقها إلى موائد المستهلكين. تأخر ظهور التقرير، لكن التأخير كان أساساً بسبب مشاكل في الإنتاج والتوزيع وليس بسبب المزاغم المتهورة التي كانت تناقش بالمؤتمرات، ويُستشهد بها في مقالات الصحف عن الطماطم غير الطبيعية. هناك علاقة بين قصة الطماطم وقصة هرمون السوماتوتروبين، ذاك هو أن ما أصاب شركة مونسانتو، التي صنّعت الهرمون، من سعادة بالمبيعات الكبيرة التي تمت بعد أن هدأت العواصف الأولى بسلام، قد جعلها تتحرك بكل ثقلها إلى حقول الزراعة البيوتكنولوجية. قامت إذن بشراء جزء من كالجين - شركة الطماطم - ورتبت أمورها بحيث أصبحت كالجين شركة كبرى لتعبئة وتسويق الطماطم الطازجة.

كانت البيوتكنولوجيا الزراعية أبطأ بعض الشيء في الخروج إلى النور، لكنها تتقدم الآن بسرعة في طريق التطور. لنا أن نتطلع بأمل إلى زيوت للطبخ خالية من الدهون المشبعة، إلى كيزان ذرة لها الطعم الطازج بعد قطعها بأسبوعين، إلى فنجان قهوة بلا كفايين من نباتات بُن بلا كفايين. وهذه الثورة لا تجرى فقط بالولايات المتحدة وإنما بالعالم كله. من فترة ليست بعيدة حضرت مؤتمراً آخر كان يضم جمعاً دولياً من بحاث بيوتكنولوجيا الأغذية - علماء من أفريقيا وآسيا وجنوب أمريكا وأوروبا. تنبأ واحد منهم في ثقة بأن كل نباتات المحاصيل الرئيسية ستتحول قبل نهاية هذا القرن. وهذا لا يعني أن كل نباتات المحاصيل الرئيسية في كل مكان ستكون من منتجات البيوتكنولوجيا، وإنما أن سلالات من كل محصول ستُعاد هندستها. أعلن المؤتمرون عن تقدم في تحويل المحاصيل الأساسية مثل الياام والطماطم والموز والقمح والذرة. كانت معظم التحويلات المبكرة تهدف إلى مقاومة الآفات والأمراض، وزيادة الانتاجية، ورفع القيمة الغذائية. وسيأتي بعد قليل تثبيت

النتروجين - الأمر الذي قد نستغنى به عن استخدام الأسمدة الكيماوية أو نقلل منها - ثم سلالات تتحمل الملوحة والجفاف.

البعض من التغيرات الناجمة عن هذه الجهود لن يكون دراماتيكية بخاصة - أو حتى ملحوظا. سيمضي الكثيرون يزرعون نفس المحاصيل - بل وحتى بنفس الطريقة - على الرغم من أنها قد حُورّت وراثيا. ليس ثمة ما هو مختلف حقا في الطريقة التي تزرع بها البطاطس المقاومة للفيروس إذا كنت أفقر أصلاً من أن تستخدم مبيدات الآفات، فكل ما سيحدث هو أنك ستجني بطاطس أكثر. لكن هناك حالات أخرى يتحول فيها المزارعون إلى محاصيل تجارية جديدة، لها نتائج كثيرة اجتماعية واقتصادية وإيكولوجية. ستتغير الزراعة، وسيكون تحولها في بعض المناطق بسرعة مذهلة وعلى نطاق هائل. من بين أسباب هذا التغير أن البيوتكنولوجيا ليست هي القوة الوحيدة التي تلوح في أفق الزراعة، إنها مجرد جزء واحد من تحرك الزراعة إلى المعلوماتية.

## مزارع المعرفة

كانت المعلومات دائما جزءاً محوريا من الزراعة، ودورها في الزراعة يتزايد الآن. على المزارعين أن يتعلموا أشياء جديدة، ويتزايد العدد منهم الذي يبحث عن العون في الماكينات الذكية، أو في نظم المعلومات المتقدمة المدعّمة، أو فيهما سويا.

أماننا الآن مُزارع من مينسوتا يقود جواره عبر السبعمئة فدان التي تشكل مزرعته. كان الجرار ذاته ثوريا عندما ظهر، ووجوده الآن لن يتحرك بالطبع كثيرا. لكن نخذ بالك من جهاز الاستقبال والكمبيوتر الصغير بكاينة قيادة الجرار. يجعل الكمبيوتر برنامجا للتحكم في توزيع الأسمدة الكيماوية، وبيانات عن تركيب التربة في كل جزء من الحقل. يلتقط جهاز الاستقبال رسائل من الأقمار الصناعية - ييشها برج قريب - تحدد موقع الجرار بالضبط وتغذي الكمبيوتر بالمعلومات الجديدة. يحدد الكمبيوتر قدر السماد المطلوب لكل

جزء من الفدان، ثم يُسَرَّب بالضبط انكمية المطلوبة إلى التربة أثناء حركة الجرار عبر الحقل. هذا ما يسمى 'الزراعة الحكيمة' أو ما يشار إليه في بعض الأماكن أحيانا باسم "زراعة المواقع بالتخصيص" أو "الزراعة بالأقسام الصناعية" أو "الزراعة بالروشتة". ولقد يبدو هذا خيالا جامعا عن حياة الريف لشخص يجنون بالكمبيوتر، إلا أنه قد أثبت فعاليته في تخفيض ما ييذل من أسمدة ومبيدات - وفيما يقدمه من مردود يبي أيضا، فالأسمدة الزائدة تترشح طبيعيا إلى الماء الأرضي.

لك أن تتوقع أن تجد مثل هذه المغامرات من التكنولوجيا الرفيعة بالولايات المتحدة وغيرها من الدول المتقدمة - هناك "فجوة معلوماتية" حقيقية وخطيرة بين مثل هذه الدول والدول النامية - لكن إعادة ابتكار الزراعة التي تجري الآن تركز أساساً على البيومعلومات، ومن ثم فلها القدرة على الانتشار السريع جدا إلى المناطق الأخرى. يمكنك أن تلاحظ عبر العالم كله مشاريع مكرسة للقفز فوق مرحلة الآليات الثقيلة والكيمائيات الثقيلة والتوجه مباشرة نحو أنشطة الزراعة الحديثة التي تستخدم تكنولوجيا المعلومات والبيوتكنولوجيا لخدمة الزراعة المتواصلة على النطاق الضيق.

في الهند على سبيل المثال عدد من مثل هذه المشاريع يوجهها "مركز مؤسسة سواميناثان لبحوث الزراعة والتنمية الريفية". وقد لا تظهر التكنولوجيا الرفيعة بوضوح في بعض أنشطته: استعادة خصب التربة الملحية بالمناطق الساحلية، تطوير نظم ري أكثر كفاءة، اختيار محاصيل جديدة لزراعة الغابات. لكن البرنامج يساعد أيضا المجتمعات المحلية في إقامة بنوك جينات لسلالات النباتات التي حفظها المزارعون أو طوروها. ويحمل مركز المؤسسة للمعلوماتية مجموعة من الكمبيوترات ومكتبة إلكترونية من أقراص "ذاكرة القراءة فقط" CD-ROM. لهذا المركز روابط بالإنترنت، ومن ثم بروابط عالمية للخدمات المعلوماتية، بل إنه مزود بمولد فولتائي شمسي.

نمت الشبكات الدولية لمثل هذه الأنشطة، وأصبح لها كيان من البحوث حول ما يسمى الآن "مزج التكنولوجيا"، وهذا مدخل إلى التطوير يركز على الفرض بأن التقدم العلمي والتكنولوجي سيؤثر لا محالة على صغار المزارعين، فبدلاً من انتظاره ليأتي هاريا من عل، ربما كان لنا أن نحاول مساعدة الناس في أن نجد طرقاً جديدة أكثر إنتاجية لأداء المهام - دون تمزقات خطيرة. لا يقف مزارع مينسوتا إذن وحده هناك على تخوم المعلوماتية. ثمة أشياء مثيرة ومدهشة تحدث الآن بكل مكان في العالم. في مصر، في البعض من أقدم مزارع العالم المروية، يستخدم الليزر في تسوية سطح الأرض لتقليل مياه الري إلى الحد الأمثل. وفي بوركينا فاسو تسهم الأقمار الاصطناعية في خَرْطَنَة مسالك الطرق الزراعية. وفي ماليزيا تُخدم شبكة معلومات مُكَمَّنة حاجات مزارعي المطاط الصغار.

البيوتكنولوجيا إذن ليست سوى عنصر واحد في لقاء تطوير الآليات ونظم المعلومات والتجارة الدولية والعلوم الزراعية، التطويرات التي تنقلنا بسرعة إلى فصل جديد من القصة التي ربما شهدت بدايتها تلال فلسطين الجنوبية. يقول أحد أعضاء هيئة تدريس كلية الزراعة جامعة بوردر: "جاء المحراث ومضى، جاءت الآلة البخارية ومضت، ثم جاء الجرار، وليس الآن من مكان يمضي إليه سوى المتحف".

## غذاء بلا مزارع، مزارع بلا غذاء

وفي أثناء تطور الزراعة تظهر طرق جديدة تماماً لإنتاج الغذاء - طرق يصعب أن نعتبرها زراعة على الإطلاق. هناك على الناحية الأخرى من الزراعة يتشكل شيء جديد، كما يظهر أيضاً ضرب جديد من الزراعة - لا ينتج الغذاء، وإنما الدواء.

كتبْتُ في سنة ١٩٩٠ مقالا أُنَبِّأ فيه بأنه سيأتي يوم يمكن فيه أن ننتج في المصنع مفردات غذائية حقيقية - مثل عصير الفاكهة، الدقيق، الزيوت النباتية،

الجيلي، عجينة الطماطم. إعتد بحتي آتخذ أساساً على أعمال اثنين من أغرب العلماء وأكثرهم إثارة: مارتين روجوف، الميكروبيولوجي الذي كان في ذلك الوقت مديراً لمركز بحوث وزارة الزراعة، في ألباني كاليفورنيا - على مقربة من مكان سكني - وستيفن رولينز، وهو عالم من علماء الأراضي يعمل بحوث النظم في بلتسفيل ماريلاند. قامت الحكومة الفيدرالية بجمع الاثنين معا للعمل في مشروع للتخطيط الاستراتيجي بعيد المدى، مشروع من قبيل ما تتوقع أن تلاقه في بعض وكالات الدفاع السرية لا في الطرقات المأهولة لوزارة الزراعة الأمريكية. كانت المهمة التي كلفا بها هي التفكير فيما قد يحدث إذا تسببت واقعة ما في اضطراب جوهرى بنظام إنتاج الغذاء في أمريكا - أي شيء، بدءاً من توقف تدفق الوقود الحفري وحتى تصحر مناطق "سلة الخير" بسبب تحات التربة و/ أو تغير المناخ. كانت المهمة كما وصفها روجوف هي "التفكير فيما قد يحدث لو سُدَّت إلينا ضربة شديدة حقاً"، وذلك بالطبع بجانب التفكير في الطريقة التي قد تتجنب أسوأ آثار مثل هذه الكارثة.

كان أول ما ظهر لهما من أشياء مزعجة: القابلية المخيفة لسقوط نظام الغذاء الأمريكي - إذ تنقصه الموارد الموازنة. لدينا مخازن لبعض المؤن الغذائية، مثل الحبوب، لكن يصعب أن نجد أي احتياطي على الإطلاق من معظم ما يأكله الناس من المقدرات الأخرى - كالخضراوات. تملكهما القلق، لكنهما فكرا أيضاً فيما يجري من بحوث البيوتكنولوجيا، وأثارت انتباههما فكرة نظام بديل لإنتاج الغذاء، يعتمد على زراعة الأنسجة، نظام يمكن تطويره في مواجهة الحاجة إن غدت ملحة.

زراعة الأنسجة هي إحدى المفاجآت المغمورة للبيوتكنولوجيا - هي أقل شهرة وأقل مدعاة للخلاف من التطعيم الجيني، وهي أبسط من ناحية المبدأ، وإن كانت نتائجها لا تقل إثارة. يمكن لعالم النبات أن يأخذ شريحة دقيقة من ورقة شجرة، لينميتها إلى شجرة كاملة باستزراعها في بيئة من الهرمونات والمواد الغذائية. بهذه العملية يمكن إنتاج مائة، بل قل مليون نسخة من شجرة

واحدة. ثمة ضرب آخر من زراعة الأنسجة يتضمن زراعة جزء معين فقط من النبات - مثل الثمرة التي تؤكل.

بعد أن تعرفتُ على أعمال روجوف ورولينز، قمتُ برحلة إلى جنوب كاليفورنيا زرتُ فيها رجلاً كان يجري بحوثاً على زراعة أنسجة الفاكهة. كان اسمه برينت تسيرات، وكان له معمل في باسادينا يقوم فيه ببحوث على تنمية حويصلات عصارة ثمار البرتقال والجريب فروت والليمون وغير هذه من نباتات الموالح - حويصلات العصارة فقط، تلك الأعضاء الصغيرة الشبيهة بالغدد والموجودة بالثمرة. في هذه التجارب كان يطور بيعة من الكيماويات مضبوطة للنمو، بيعة تدفع الخلايا إلى أن تتطور إلى جيوب للعصير.

من هذه الأنسجة عرج العصير - عصير برتقال حقيقي، بلا برتقال، بلا أشجار برتقال. لم يتم تسيرات بهذا العمل بهدف إنشاء نظام أغذية مثل "ستار تريك"، إنما كان يحاول أن يفيد المزارعين التقليديين ببساتين الموالح الحارة القريبة من باسادينا، والذين يزرعون البرتقال والجريب فروت - وذلك بأن يجد لهم وسائل لاختبار الأسمدة والملوثات المختلفة على محاصيلهم. لم يكن في الحق متحمساً للمراسلين الصحفيين الذين ما أن يسمعوا عن عمله حتى يصلوا ليروا ما إذا كان في استطاعته حقاً أن ينتج عصير البرتقال من أنبوبة الاختبار. ولقد كان يستطيع ذلك حقاً - إن يكن بكميات غاية في الضآلة.

كان آخرون يمحرون تجارب مشابهة على زراعة الأنسجة. نجح دون دررزان - عالم الفاكهة بجامعة كاليفورنيا في ديفيز - في تنمية الجزء المأكول من الكريز في مستنبت الأنسجة. ولقد كان هو الآخر حريصاً، فأكد أن لا أحد يفكر الآن في تصعيد هذه العملية إلى مرحلة إنتاج جيلي الكريز في مصنع.



ولقد كان إنتاج جيلي الكريز في مصنع - أو عصير الفاكهة أو أي من المنتجات الغذائية الاصطناعية الحقيقية الأخرى - هو بالضبط ما رأى روجوف أنه ممكن. ولتفهم هذا الاحتمال، علينا أن نعتبر زراعة الأنسجة جزءاً من نظام، شيقاً أقرب إلى ابتكار العقلة منه إلى ابتكار العربة. فلتفسير مصنع الأغذية يلزم أن يزود بالسكر باستمرار، والسكر عنصر أساسي لنمو كل النباتات وكل أجزاء النباتات التي تأكلها الحيوانات. يقوم النبات الكامل - شجرة البرتقال مثلاً - بتخليق السكر عن طريق التمثيل الضوئي: يأخذ الكربون من الجو ثم مع الأكسجين والأيدروجين يصنع السكر.

اقترح روجوف ورولينز إمكانية زراعة المحاصيل الغذائية - الأشجار والشجيرات - في المناطق الملائمة لها، بأقل قدر من المياه ومن الكيماويات الزراعية. هناك لن تكون النباتات عرضة للإصابات التي تحدث لمزارع البرتقال في كاليفورنيا - حيث تحمي النباتات ضد اليرد بنظم تدفئة مكلفة، وضد ذبابة الفاكهة بنشر المبيدات الحشرية بالهليوكوبتر. لا يلزم أن تجمع الثمار سنوياً، بل تُخزّن طاقة الغذاء في النباتات الحية. (يمكن أيضاً أن تستخدم كمادة خام صوراً أخرى من الكتلة الحيوية، مثل كسر الخشب والقش. وهناك الكثير من أنواع الكتلة الحيوية بالعالم، كما ستلاحظ مؤكداً بعد يوم عمل في بستان أو بعد كنس الأرصفة).

تتكون معظم الكتلة الحيوية للخشب والقش من السليلوز الخشبي: سلاسل متينة من جزيئات الجلوكوز. لا تستطيع معدة الإنسان أن تهضم هذا السليلوز، لكن الباحثين في البيوتكنولوجيا يطورون الآن وسائل مختلفة لضمها اصطناعياً وتحولها إلى شراب سكري بسيط. يصبح السليلوز الخشبي الحلقة المفقودة بين الشمس ومصنع عصير الفواكه.

سيكون للنظام إذن عناصر ثلاثة رئيسية: أولها المحاصيل الغذائية. وثانيها مصنع التحويل الذي يحول الكتلة الحيوية إلى عصائر سكرية - والأفضل إذن

للوصول إلى أقصى كفاءة أن يُنشأ حيث تنمو الأشجار والشجيرات. وثالثها مراكز إنتاج الغذاء، ويُفضّل أن تكون قرب المستهلكين. في مرونة هذا النظام المؤازر تكمن منطقته وإغراقه. ليس في الزراعة التقليدية مجال واسع للاستجابة السريعة. إذا زرعت النباتات، فعليك أن تحصدّها. إذا كان لديك بستان برتقال فعليك أن تجمع المحصول عند نضجه وإلا فقدته. أما في زراعة الأنسجة فسيكون الطلب هو المَوْجّه، يمكنك أن تزيد إنتاجك وأن تقلله، أو أن تغير الإنتاج إثر إخطار قصير.

بل ولقد يكون هذا النظام مفيداً - كما يقول البعض الآن - حتى في غير الحاجة الملحة لإنتاج الغذاء، إذ يوفر جزءاً من الغذاء المطلوب للمدن السريعة النمو بدول العالم الثالث، أو لمن يقيمون بالمناطق الشديدة البرودة حيث لا تصل الفاكهة والخضراوات إلا بتكاليف نقل باهظة وبتدخلات كبيرة من الطاقة. لمة ميزة أخرى لهذا النظام أشار إليها روجوف، وهي حقيقة أن المحاصيل المغذية تمتص ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي. يشجع البعض زراعة الغابات الواسعة لحجز ثاني أكسيد الكربون، وستسهم كل زراعة تتركز على الغابات في مثل هذه الاستراتيجية.

حسناً، لقد كنتُ مخطئاً. ففي عام ١٩٩١، وبعد نحو عام من كتابة المقال، سجّلت إحدى شركات البيوتكنولوجيا في كاليفورنيا براءةً عملية لإنتاج مستخلص الفانيليا من مزارع الخلايا، وأقامت إدارة الإنتاج بالاشتراك مع شركة يونيليفر. قالوا إن نكهة المنتج ستعادل في الجودة المستخلص النفيس الجميل الرائحة - والغالي جداً - الذي ينتج من بذور أوركيدة الفانيليا التي تنمو في عدد قليل من المناطق الاستوائية، مثل جزيرة مدغشقر، لكن هذا المنتج سيكون أفضل بكثير من الفانيليا الاصطناعية التي تباع الآن في معظم المتاجر. لقد بدأت زراعة الخلايا في منافسة الزراعة، بدأ (في هدوء شديد) عصرٌ جديد لإنتاج الغذاء والألياف.

أنا لا أتوقع أن تُستبدل هذه الطريقة بالزراعة - كبيرة كانت أو صغيرة. إن ما تَعيّدُ به هذه الطريقة الجديدة هي إثراء طرق إنتاج الغذاء، وتنويع المنتجات الغذائية، مثل مستخلص الفانيليا، وربما أيضا الألياف - هناك باحث في تكساس ينمي ألياف القطن في مزارع الأنسجة. وفي المجتمع الكرّضي للبيومعلومات سيكون هناك الكثير من ضروب إنتاج الغذاء الزراعي وغير الزراعي.

يكن بعض ما يغرينا بزراعة الخلايا في إمكانية أن تصبح نظاماً لإنتاج الغذاء في المدينة - أن تسهم بجزء هام من زاد العالم من الغذاء - جزء كبير ما يُغفل. فسكان المدن بالعالم كله ينتجون الآن غذاءً - في الفناء الخلفي، في الشرفات، في الحدائق الجماعية، في قطع الأراضي المتاحة بين الشوارع والبيوت؛ أشجار الفاكهة تزرع على جوانب الشوارع والطرق، أسماك المائدة تسبح في بحيرات المدن والمجاري المائية، الحيوانات الزراعية تربي بالمدن لإنتاج اللحم والبيض واللبن. والآن، ومع تزايد سكان المدن - بينما تختفي في الوقت نفسه المزارع وتقسّد، وتزايد إلى الحد الحرج التكاليف البيئية والمادية لتطوير مزارع جديدة - فإن هذا الجزء من نظام إنتاج الغذاء قد أصبح يستحق اهتماماً أكبر مما تعودناه. وها يشجعه برنامج التنمية التابع للأمم المتحدة، بل وهناك حتى بضع مدن - مثل جاكارتا بإندونيسيا وبونيس أيرس بالأرجنتين - توفر المعلومات والعون لمن يرغب من السكان في إنتاج غذائهم. لكن معظم المحليات تتجاهل هذا النشاط، أو تكبله بالقيود أو تحرّمه تماماً. سنقابل هنا وهناك الحاملين، من أمثال نانسي وجون تود بمعهد الخيمياء الجديدة بماساتشوستس، الذين يتضمن تصميم المدينة لديهم تحويل المخازن إلى إنتاج الغذاء - الدور الثالث للحبس، والثاني لوراغة الخضراوات زراعة مائية، والأول للدواجن والأسماك، والبلدرون لعيش الغراب - بينما تستعبد نظم الزراعة المائية الشمسية في تنمية الأسماك على الأرصفة في أنابيب بلاستيكية شفافة. وهذه الأفكار ليست وهمية تماماً، فقد اختبرت جميعا بالمعهد. وقد

نَمَى الزوجان تود سمك البلطي والسلور للاستهلاك الشخصي في أحواض بلاستيكية أنبوبية الشكل بالساحة الخلفية لمنزلهما في كيب كود. جاءت كل أعمال الزوجين تود وأعمال معهد الخيمياء الجديدة عن التقاليد العضوية / الإيكولوجية، لكن هناك بحثاً آخرين يتفحصون وسائل مثل عيش الغراب المهندَس وراثياً، والفاكسينات ضد الأمراض التي قد تصيب الأسماك. والأغلب أن تأتي الزراعة المدنية في المستقبل -مثل ابنة عمها في الريف- في صور شتى.

## المزرعة الصيدلية

قام بعضهم بصياغة هذا المصطلح ليصف ضرباً جديداً من الزراعة يعتمد على استخدام نباتات وحيوانات محورة وراثياً لإنتاج أدوية متخصصة للاستهلاك الآدمي: عنز يحمل لبنه "منشط بلازمينوجين الأنسجة" لعلاج النوبة القلبية، أغنام تصنع دواء لعلاج انتفاخ الرئة (الإمقزعا)، بطاطس تحمل بروتينا من بروتينات دم الإنسان يستخدم في الجراحة.

والزراعة الصيدلية - مثل غيرها من أنماط الزراعة - تأتي في صورتين: المحاصيل النباتية، وحيوانات المزرعة.

ومن عجب أن يكون نبات التبغ - العدو اللدود لنشطاء الصحة - ملائماً تماماً للتطويع لإنتاج الدواء. درست نباتات عائلة التبغ دراسة مستفيضة، وكانت المحصول الأثير لدى الكثير من الأبحاث المبكرة. يسوق الآن بأوروبا أول منتجات الزراعة الصيدلية - حجاب شمسي يركز على الميلانين البشري المنصّب في نباتات التبغ - وهو ينتظر الموافقات الرسمية المعتادة بالولايات المتحدة. ولقد قام عدد ممن كتبوا عن موضوع الزراعة الصيدلية بإبراز الإمكانية المعجية - إن تكن محتملة جداً - في أن تصبح مزارع التبغ الذي يُنتج دواءً لسرطان الرئة جزءاً من المستقبل الزراعي بأمريكا. كانت البطاطس التي تحمل ألبومين الدم ( وهذا بروتين من بروتينات الدم يُستخدم في

الجراحة ) من أول النباتات التي دخلت هذا المجال الجديد من الزراعة، ومعها أيضا كانت بذور اللفت التي تحمل مادة كيميائية تمنع الألم، تسمى إنكيفالين وتوجد طبيعيا في مخ الانسان.

تُخلَق معظم هذه النباتات المنتجة للعقاقير عن طريق الجمع بين تقنية الدنا المُطعَّم وتقنية التربية التقليدية للنبات: تُطعَّم الجينات داخل خلايا جنينية نباتية، ثم تزرع هذه حتى النضج، ويكرر تهجينها بنباتات شبيهة مُطعَّمة حتى أن نصل إلى خط جديد من المحصول. لكن شركة بيوسورس تكنولوجيز في كاليفورنيا طلعت بمنهج جديد مثير. استخدمت الشركة التبغ كمصنع للأدوية، ولكن بدلاً من أن تُطعَّم النبات بالجينات الجديدة، طعموا هذه الجينات في فيروس الطباقي الموزايكي الذي يصيب النبات. تولَّى الفيروس إذن مهمة إدخال الجين في النبات، ليدفع الخلايا إلى إنتاج البروتين الذي يشفر له الجين الجديد دون أن يُغَيِّر التركيب الوراثي للنبات. تحصد إذن أوراق التبغ وتطحن، لتُستخلص منها، وتنقى، البروتينات (مثل إنترلوكين-٢). يُسمَّى الرئيس التنفيذي للشركة هذه التقنية باسم "العتاد الجيني" - يعني البرمجيات الوراثية - ويقول إنها تتطلب وقتاً أقصر وتنتج محصولاً أعلى من المدخل "العتيق" للدنا المطعَّم المصحوب بتربية النبات.

ثم هناك أيضا الحيوانات عبر الجينية التي يصنعها نفس العلم الذي أعطانا السلالات الجديدة من فئران المعامل والخننازير الحاملة لبروتينات الوقاية البشرية. ستكون معظم هذه من حيوانات اللبن، الماعز والأبقار، التي تحلب لبناً يحمل الدواء.

وهذه تعدُّ بأن تصبح مصدراً رئيسياً جديداً للمنتجات الدوائية، ولها تضمينات هامة بالنسبة للدول النامية - ذلك أن رعاية قطاع الماعز عبر الجينية ستكون أبسط وأرخص بكثير من إنشاء وتشغيل عمليات التخمر رفيعة التكنولوجيا اللازمة للجيل الحالي من الأدوية البيوتكنولوجية. منذ سنين قامت

جينزاييم - شركة البيوتكنولوجيا بماساتشوستس - بتطوير ماعز تنتج في لبنها مُنَشَّط بلازمينوجين الأنسجة - ذلك البروتين الذي يعالج النوبات القلبية والذي أثار الكثير من الجدل. ولقد حصل هذا العقار على التدعيم بعد ما أجازته مصلحة الغذاء والدواء الأمريكية. الطلب على هذا العقار كبير، ولقد بلغ ثمن الجرعة مما تنتجه المصانع الأمريكية ٢٢٠٠ دولار. ستكون ثمة عقبات اقتصادية يلزم تخطيها قبل أن يصبح هذا نسقا عمليا للزراعة بالدول النامية: فمربي الماعز المنتظر يحتاج أولا إلى العنزة، وسيكون ثمنها عزيزا. من الواجب أن تحل القضايا المتعلقة بالبراءات حلا دوليا. لكن العقبات يمكن تخطيها. هذا نوع من البيوتكنولوجيا يحمل إمكانية حقيقية لتوليد مصادر جديدة للدخل لصغار المزارعين ورجال الأعمال.

ولقد تحرك الزراعة الصيدلية - أسرع بكثير من العلاج بالجينات ومن زراعة الأنسجة لإنتاج الغذاء - تحرك من لا مكان على الإطلاق لتدخل مجرى حياتنا جميعا. وأتوقع أن تصبح عنصراً مُميزاً نامياً من الزراعة العالمية قبل أن ينتهي هذا القرن.

ومع تكشف البيوتكنولوجيا الزراعية ستظهر بلا شك بعض المفاجآت الإيكولوجية والتغذوية الكريهة - فمن يعمل يقع في أخطاء - أما أخطر امتحان لعلم الزراعة الحديث فهو أن يفي بكل ما يعد به، دون الكثير من المشاكل. فإذا تمكن من ذلك فسيقود العالم إلى تغير منحل.

## الخامسون والرابعون

دعنا نفحص قطعة أخرى من التاريخ - قصة صبغة النيل - فقد تحكي لنا شيئا عن المستقبل، وعمّا قد يحدث إذا ما حققت الزراعة الحديثة الآمال المعقودة عليها.

مرَّ حين من الزمان كانت الثروات والامبراطوريات تبنى فيه على صبغة النيلة. تؤخذ هذه الصبغة من شجيرات معينة تنتج مادة كيميائية عديدة اللون يمكن أن تتحول إلى صبغة زرقاء داكنة بمعاملة بسيطة من بيوتكنولوجيا عتيقة جدا - تقنية كانت معروفة منذ أيام ما قبل المسيح. ومع تطور صناعة النسيج الأوروبية خصصت مزارع شاسعة بالمناطق المدارية لإنتاج النيلة - نحو ٢ مليون فدان في الهند. تمكن العلماء الألمان قرب بداية هذا القرن من معرفة التركيب الكيميائي للنيلة - وبذا غدا من الممكن غثيله بالمعمل - وبدأت المصانع في تصنيعه، وكانت النتيجة كارثة اقتصادية في الهند، ومولد صناعة جديدة هائلة في ألمانيا.

يتوقع رجال الاقتصاد الزراعي العارفون بما يجري في حقل البيوتكنولوجيا، أن تُعاد قصة النيلة بصورة عصرية. يحدث هذا الآن بالفعل عندما يختار المستهلك أو مُصنِّع الأغذية المُحلَّيات الاصطناعية بديلاً عن السكر. والأغلب أن يحدث هذا المرة بعد المرة عندما تتفن الدول الصناعية وسائل جديدة لإنتاج سلع كانت تستوردها - مثل الزيوت والمنكهات والألياف، وأيضا المُحلَّيات. قرأت دراسات السوق الأوروبية عن استخدام البيوتكنولوجيا في تحويل بعض الفائض الزراعي بأوروبا إلى مصدر للمغذيات الكيميائية، وهذا سيققل الاعتماد على ما يستورد من البتروكيماويات.

كيف سيؤثر هذا على الدول التي تعتمد الآن كثيرا على تصدير محاصيل معينة؟ ماذا سيحدث إذا ما وجد الزبائن طرقا جديدة لإنتاج نفس الشيء في دُوْلهم وبأسعار أرخص؟ تتباين النتائج هنا كثيرا حسب التفاوت في مدى الوصول إلى المعلومات وحسب القدرة على الاستجابة. من المحتمل جدا أن تتأثر بعض الدول تأثرا عنيفا إذا فقدت أسواق محاصيلها الرئيسية. ومن المحتمل أيضا أن تتوقع دول أخرى هذا التحول فتقوم - بالمرج الصحيح بين الموارد الوراثية والتكنولوجيا والنظام الاجتماعي - بتطوير مبدع لمحاصيل نقدية جديدة، وهرفع إنتاج الغذاء المحلي، بل وربما قامت حتى ببعض

الاصلاح الإيكولوجي لأراضٍ تدهورت من عقود - أو ربما قرون - بسبب الزراعة الأحادية.

هذا مجال، للمعلوماتية فيه القدرة على إحداث آثار اقتصادية خطيرة، وبسرعة كبيرة. ففي وجود اقتصاد عالمي لعصر المعلومات يتقدم فيه البحث والتطوير بخطى سريعة، قد يصيب إنتاج الغذاء والألياف (والمستحضرات الصيدلانية) من التقلب والتحول مثل ما أصاب غيره من ضروب التصنيع والخدمات في الماضي القريب. فلقد تتغير تغيراً جذرياً - وتتغير ثانية - بعض المناطق التي ارتبطت تقليدياً بمحاصيل معينة، مثلما تغيرت مناطق زراعة النيلة في الماضي ومثلما تتغير مناطق زراعة السكر الآن. وعند حصول ذلك ستتحول قيمة بعض الموارد الطبيعية التي تدعم الآن الاقتصاد القومي، وستتحول أيضاً الأفكار حول المصالح القومية والأمن القومي.

في هذا النظام الكرضي الجديد لإنتاج الغذاء يتحول تسجيل البراءات وغيره من إجراءات حماية الملكية الفكرية، يتحول ليصبح قضايا شائكة. كان في استطاعة شركات البذور ومربي النباتات أن يتمتعوا بحماية، أشبه بتسجيل البراءات، تحت القوانين الوطنية والاتفاقيات الدولية، أما الآن فقد غدا من الممكن الحصول على حماية كاملة بتسجيل براءة النباتات والكائنات الدقيقة والحيوانات إذا استوفت معايير "الجددة، واللاوضوح، والنفع". ارتفع عدد طلبات تسجيل البراءات الزراعية ارتفاعاً هائلاً، وانخرط الملاحظون في جدل حامي الوطيس حول ما لهذا التسجيل وما عليه من وجهة النظر القانونية والأخلاقية. هل على مزارعي العالم الثالث أن يدفعوا لشركات البذور الأمريكية مقابلاً نظير استخدام سلالاتها المسجلة والتي نشأت أصلاً من نباتاتهم المحلية؟ هل الحماية التي تضيفها البراءة ستشجع البحوث بالشركات الصغيرة، أم ستفيد الشركات الكبرى وحدها؟ هل سيقوم الباحثون بالجامعات بتنظيم عملهم، وتسجيل البراءات نصب أعينهم، ليكون ذلك على حساب الأهمية العلمية؟ هل تسجيل البراءات (الذي يتطلب النشر) يشجع



الحركة الحرة للمعارف بين العلماء، أم أنه سيعرقلها؟ إلى أي مدى تسري حقوق براءات النبات، وإلى أي مدى يلزم أن تكون؟

## مستقبل الزراعة

لو أصبح النظام العالمي لإنتاج الغذاء حفا أكثر قابلية للتغير مما كان عليه قبلاً، فإن هذا سيدفع عجلة تحول الزراعة إلى المعلوماتية. لن يحتاج المزارع فقط إلى معلومات أكثر عن طريقة إنتاج المحاصيل، وإنما أيضاً إلى معلومات عن الأسواق وعن العوامل الاجتماعية والإيكولوجية التي قد تؤثر في حاجات الناس وفي أولوياتهم. سيلزم أن يكون المزارع - والمزارع الصيدلي - قادراً على الاستجابة لمثل هذه المعلومات، وسيلزم أن تُطوّر العلوم الزراعية رؤية كافية وبصيرة للاستجابة إلى التغذية الإيكولوجية المرتدة. ربما كان في احتمالات تغير مناخ الكرة الأرضية أبسط الأمثلة وأكثرها درامية عن شيء سيجبرنا على ابتكارات جديدة واسعة المدى في الزراعة. لكن التحول الذي أصفه هنا، التحول إلى نظام إنتاج للغذاء أكثر مرونة، سريع الاستجابة، يركز على المعلومات، تعددي للغاية - ومتزايد كرضياً - هذا التحول سيحدث تحت أي مناخ.



## الفصل التاسع

### الصناعات البيومعلوماتية

إن المنزلة الرفيعة للفيزيكا والرياضياتية كعلم العلوم، كقلبٍ للتقدم العلمي العام يُقتدى به - مثلما كان الأمر منذ القرن السابع عشر - هذه المنزلة تمضي الآن إلى زوال. لقد أصبح المحور الجديد هو علوم الحياة، خطوط الدراسة التي تنشعب إلى الخارج من البيولوجيا، والكيمياء الجزيئية، والوراثة البيولوجية... تبدو هذه الخطوط الآن وهي تنشعب وتكولِّب نحو كل ركن من أركان الانجماحات العلمية والفلسفية، مثلما فعلت فيزياء ديكارت ونيوتن.

- جورج شتاينر.

لعله قد اتضح الآن أن عصر البيومعلومات قد جلب معه ثورة طبية - بل في الحق حشداً حقيقياً من الثورات الطبية - ولعله قد أصبح واضحاً أيضاً أن ثمة تحولاً خطيراً في الزراعة يجري الآن أيضاً. لقد كان هذا أمراً متوقفاً، لأن الطب والزراعة كليهما من الأنشطة البيولوجية أصلاً. أما الشيء الذي لا يزال محل شك كبير في المرحلة الحالية فهو المدى الذي سيبلغه التحول إلى البيومعلوماتية في الميادين الأخرى، وفي الصناعة بخاصة. هل سنرى - كما توقع البعض - "تخضيراً للصناعة"، "ثورة صناعية ثانية" يتحول فيها الكثير من أنواع العمل المختلفة التي كانت تجري قبلاً بأدوات ميكانيكية وموارد معدنية، يتحول ليصبح بشكل أو بآخر مرتكزاً على البيوتكنولوجيا الجديدة؟ هل سنرى تحولاً من العتاد المعدني إلى العتاد الجيني؟

أعتقد أن هذا سيحدث. فإذا كانت علوم الحياة - كما كتب شتاينر - تحتل الآن دوراً جديداً بالنسبة لفكر الإنسان وتقدمه عموماً، فإن هذا سيتمت

إلى أبعد بكثير من حدود الجامعات والمعامل. إنه يعني إعادة تشكيل أوسع لحضارة الانسان، تحولاً تقوده الثورة البيولوجية - أو بصورة أدق ثورة البيومعلومات، لأن التقاء العلوم البيولوجية بتكنولوجيا المعلومات/ الاتصالات قد شكّل الآن كيانا جديداً، لم يعد من الممكن فصله.

فإذا بدا هذا من قبيل الرجم بالغيب، فسأقول فوراً بأنّ ليس هناك من جديد في صناعة الأشياء من المواد الحيوانية والنباتية، وبأنّ الإنزيمات المنتجة بيوتكنولوجياً تُستخدم بالفعل في أغراض صناعية عديدة، بل وأيضاً في المنظفات المنزلية.

النباتات مصدر مهم للمواد الخام اللازمة لأنواع عديدة من المنتجات المصنعة تجارياً: الصابون، المواد اللاصقة، الأحبار، المنظفات، الصبغات والألوان - منتجات مهمة لكنها لا تزال متواضعة مقارنة بغيرها من الموارد. أعلن معهد "الاعتماد على الذات" - وهذا مستودع فكري في مينيابوليس أجرى بحثاً مكثفة في هذا الموضوع - أعلن أن هناك أقل من عشرة ملايين طن من المادة النباتية (غير الخشب) تستخدم في المنتجات الصناعية والانشائية بالولايات المتحدة، مقارنة بنحو ١٧٥ مليون طن من البترول والفحم، و ٣٠٠ مليون طن من المواد غير العضوية مثل الرمل والملح والحديد. على أن استعمال النباتات قد أخذ يتزايد بثبات في السنين الأخيرة.

يظهر الآن عدد يلفت النظر من العمليات البيوصناعية الجديدة، وهذه لا تكون دائماً قفزات ثورية من الفيزياء إلى البيولوجيا - إنما تكون تكاملات عملية بين المواد العضوية والبيوتكنولوجيا، تكاملات أثبتت كفاءتها وقابليتها للتطبيق التجاري الناجح. وهذه حالة أخرى من حالات اختفاء الحدود. نتحدثنا قليلاً عن الحدود التي تلاشى بين البيوتكنولوجيا والبيولوجيا التقليدية. وهنا نرى بعضاً من استبدال العضوي بغير العضوي، ثم نلاحظ أيضاً اندماج

ما هو بيولوجي بما هو غير بيولوجي. كما أننا نرى البيوتكنولوجيا أيضا - في مجال التنظيف البيولوجي - وهي تنظف مخلفات الصناعات الثقيلة.

## التنظيف البيولوجي

كثيرا ما أشاهد في رحلاتي الروتينية حول منطقة خليج سان فرانسيسكو مواكب من سائقي السيارات وهم يمرون في إهمال عبر مباني عادية الشكل تجري بها صناعة رائعة تسمى التنظيف البيولوجي. والتنظيف البيولوجي هو استعمال البكتريا في تنظيف المخلفات السامة. لا أحد يتنبه إلى هذه المواقع. ربما تمهل بعض السائقين لو أن أحدهم وضع لافتة تقول "احذر. منطقة عمل ميكروبات".

في واحد من هذه المشاريع أقيم مركز للتسوق بموقع كان يُستغل قبلا كمركز قيادة شركة للنقل بالشاحنات. كانت أرض هذا المكان قد تشبعت بالزيت والبنزين والبولار المتسرب من مستودعات الوقود وفوضى عمليات الشحن، ووصلت هذه حتى الماء الأرضي. تم ذلك عبر عقود في زمن لم تكن قد ظهرت به أية قوانين بيئية تستحق.

تلزم الحكومة الآن المستثمرين بأن ينظفوا مثل هذه المواقع قبل أن يقيموا فوقها أبنية جديدة. ثمة طريقة لإجراء ذلك هي أن ترفع كل التربة الملوثة وتُنقل إلى موقع لإلقاء المخلفات السامة. والتنظيف البيولوجي وسيلة أخرى. حدث في موقع الشاحنات هذا أن قامت مؤسسة محلية، اسمها سيتوكُلشتر، بضخ الماء الأرضي، ثم فصلت منه فيزيقيا ما أمكنها من الزيت، ثم عاجلت الماء ببكتريا آكلة للزيت إلى أن أصبح نظيفا صالحا للشرب. ثم أنها كَوَّمت التربة الملوثة، ولقحتها بالبكتريا وبالمواد الغذائية اللازمة لتشجيع نموها، ثم غَطَّتها وضخت بها الأكسجين حتى تمكنت البكتريا من تحليل الملوثات.

نشأ التنظيف البيولوجي عن دراسات تمت في الستينات وأوائل السبعينات، بدعم من مكتب بحوث البحرية الأمريكي. فقبل إنشاء وكالة وقاية البيئة كانت مهمة تنظيف البحار ملقاة على عاتق البحرية، إذ تتعامل مع بقع البترول المسكوب بعد أن اتضح أنه مشكلة بيئية كبرى. وفي عام ١٩٨٩ واجه التنظيف البيولوجي أكبر اختبار على طول بعض أجزاء من شواطئ ألاسكا كانت شركة إكسون فالديز قد لوثتها ببقع كبيرة من البترول المسكوب. ولقد كان الإجراء بسيطاً للغاية - قام العلماء والعاملون بوكالة حماية البيئة برش الشاطئ بمخصب يشجع نمو البكتريا المحلية - لكن النتائج كانت مثيرة، فوجهت اهتمام الوكالة إلى هذا المنهج.

أصبح التنظيف البيولوجي لمخلفات البترول الآن صناعة نامية حول العالم، وقد أثارَت بشائر نجاحه تنقياً عالمياً عن البكتريا المحبة للملوثات التي يمكن تشغيلها في تنظيف البتروكيماويات وغيرها من المخلفات السامة. حملت بعض أوجه هذا التنقيب كل ما قد تتوقعه من الحنكة العلمية، بينما كان البعض الآخر غير مثير للخيال على الإطلاق. ولكي نقدم فكرة عن مدى اتساع مجال التنقيب إليك ما يلي: اكتشف باحثون بمعهد وودز هول لعلم المحيطات بكتريا تحلل النفطالين قرب منافذ المياه الدافئة على بعد ٦٠٠٠ قدم تحت سطح خليج المكسيك - بينما استزراع عالم آخر سلالة نافعة من البكتريا آكلة البترول من بقعة بترولية كشطها من ممر عربته الخاصة بحديقته.

يتضمن الاستزراع عادةً التربية بالانتخاب - تنمية البكتريا في محاليل من المواد المطلوب التخلص منها، حتى يمكن استنباط سلالة ذات شهية لاستهلاك هذه الكيماويات بالذات. يقوم آخرون بتخليق سلالات بكتيرية عن طريق تكنولوجيا الدنا المطمّ، ولقد كان هذا هو ما قاد إلى حُكْم شاكربارتي التاريخي الخاص بتسجيل أول بكتيرة صُممت لتنظيف بقع البترول. كان ابتكار الدكتور شاكربارتي نجاحاً قانونياً فقط، فلقد أثبتت سابقة لتسجيل براءة كائن حي، لكنه لم يُستخدم أبداً في الحقل، بل وربما لم يكن له أن

ينجح لو تم ذلك. على أن هناك خططا تجري لمحاولة تجريب بكتيرة مُهندسة وراثيا هي سيدوموناس فلورستس - قيل إنها تستطيع أن تتلهم كيموايات عديدة سامة من بينها النقتالين والأنتراسين والفيناترين - وذلك في تربة ملوثة بمعمل أوك ريدج القومي. وربما تحول استخدام مثل هذه البكتيرة ليصبح مصدراً لاحتجاجات عنيفة جديدة جماهيرية وإعلامية، تشبه ما ذكرناه بالفصل السابق عند إجراء أول اختبار حقلي لبكتريا الفلج السالبة في كاليفورنيا.

لكننا سنجد بكتريا طبيعية غير مُهندسة وراثيا تقوم بالعمل على مجال مذهل حقا من الملوثات، ملوثات يصعب أن نتخيل أنها تصلح غذاء لأي كائن حي. عُزلت سلالة بكتيرية من رواسب نهر بوتوماك يمكنها أن تحول صورة قابلة للذوبان من اليورانيوم إلى صورة غير قابلة للذوبان - نعي أنه إذا ما مُرر ماء ملوث باليورانيوم في مفاعل بيولوجي يحمل هذه الميكروبات، ترسبت جسيمات اليورانيوم واستقرت بالقاع، حيث يمكن جمعها. من بين المواد الأخرى التي يمكن تحليلها بالطرق البيولوجية هناك ثنائي الفينيل عديد الكلورة (وهذا ملوث رئيسي بالمدن)، ومخلفات السيلينيوم، والكثير من مبيدات الآفات. كما قالها واحد من المشتغلين بالتنظيف البيولوجي: "هناك لكل شيء بكتريا تأكله".

لا أستطيع أن أؤكد صحة هذه العبارة، لكني رأيت عرضاً مؤثراً في معمل، رأيت برميلا سعته خمسون جالونا يحتوي على البكتريا في محلول من الماء والفينول. كان هذا الوعاء يذيع رائحة طيبة نفاذة. الفينول مادة كيميائية فعالة يستعملها مساعدا المعمل في تطهير أسطح الطاوال، بمعامليهم، ويستعمله أخصائيو الجلد في تلك المراهم التي تزيل الطبقات الخارجية من جلدك. أنت تتوقع بالطبع أن يقتل الفينول البكتريا - لكن هذا خطأ. كانت البكتريا تأكل الفينول، تنمي عليه وتزدهر، وبذلك تزيله من الماء. ثمة برميل آخر كان هناك يتصل بالأول بأنبوب، وكان يحمل ماء نقياً بلا رائحة - لقد

انتهى الفينول عمليا، وانتهت أيضا البكتريا بعد أن تخلصت من الفينول ولم تعد تجد شيئا تأكله.

والتنظيف البيولوجي ليس دائما هكذا ناجحاً، ويندر أن يكون بسيطاً. وهو لا يتم بأن نثر في مرجح البكتريا أو المواد الغذائية ثم نتظر حتى ينظف كل شيء. تكون فعالية هذا التنظيف أكبر ما تكون إذا تحكمتنا في عدد من العوامل مثل درجة الحرارة وكمية الأكسجين. وهو حتى الآن تقنية فعالة فقط في نواحي محدودة، لم تستكشف بعد مجالات قوته وضعفه. ليس هناك من يدعى أنه الحل السحري لكل مشاكل التلوث بالعالم. لكنه صناعة معترف بها، تخطت الآن مرحلة التجريب، وتقدم مثلاً جيداً لسبيل جديد لتطبيق البيولوجيا.

## التعدين البيولوجي

يعتمد استعمال البكتريا في استخلاص المعادن من الركاز (مثل بعض صور التنظيف البيولوجي) على ما يحدث بين الميكروبات والمعادن من تفاعلات هي جزء من التنوع التطوري للأرض، المذهل أبداً. تستمد بعض ضروب الميكروبات الطاقة من المعادن - تتغذى عليها وتحيا عليها - لتغير المعادن إذ تفعل ذلك، وكثيراً ما تسهل هذه التغيرات الأمر لاستخلاص المعادن بكميات عملية. قد يبدو هذا تطبيقاً للبيوتكنولوجيا غريباً ومستبعداً بعض الشيء - لكن تاريخه في الواقع طويل. كان الناس في منطقة البحر الأبيض، وقبل المسيح بألف عام، يستخلصون النحاس من الماء المنزوح من المناجم، ولقد استخدمت تقنية استخراج المعادن من الركاز بالماء في أوقات وأماكن متعددة. ولم يعرف العلماء إلا مؤخراً - عام ١٩٥٧ - أن البكتريا تلعب دوراً رئيسياً في هذه العملية. ومثل شخصية مولير الشهيرة الذي أدرك ذات يوم أنه كان يتحدث النثر طول حياته دون أن يدري، كذا فقد كان الناس يقومون بالتعدين البيولوجي دون أن يدركوا. أما الآن فإنهم يقومون بالعملية بتعمد، وبصورة



أكثر علمية: يُستخلص أكثر من ١٠٪ من إنتاج النحاس في أمريكا من الركاز عن طريق الكائنات الدقيقة.

والبكتريا التي تُستغل في عمليات التعدين البيولوجي هي تلك التي نجدها طبيعيا في الركاز الذي به تطورت. لكن الأغلب أن تؤدي قوى ثلاث إلى زيادة الاعتماد على البكتريا في التعدين: نضوب الركاز الممتاز، ارتفاع تكاليف الطاقة المطلوبة لعمليات التعدين، القاعدة المتنامية للمعلومات الوراثية. ومثلما رأينا في التنظيف البيولوجي، سيكون بعض عمال المناجم من الكائنات الدقيقة، بكتريا جُمعت (أو انتخبت بالتربية) من السلالات الموجودة طبيعيا، بينما سيُخلَق البعض الآخر عن طريق الدنا المطعّم أو أي منهج آخر من مناهج التكنولوجيا الرفيعة. حدد العلماء هوية جينات في سلالة تتحمل الزرنيخ. ولما كانت بعض عروق الذهب غنية في الزرنيخ، فقد تُقدّم هذه البكتريا حلاً بديلاً عن التقنيات المكلفة - ١٠ ملايين - التي تستخدم الآن في إزالة الزرنيخ.

## المواد البيولوجية

بينما ينشغل بعض العلماء في البحث داخل مكتبة العالم للمعلومات الوراثية عن أدوية وأغذية، هناك غيرهم يبحثون عن طرق لصناعة مواد جديدة للاستخدام الصناعي. هل يمكن لجينات المحار أن تنتج مواد غروية تصلح تحت الماء؟ هل يمكن أن تستخدم الشفرة الوراثية للعنكبوت في صناعة بوليمر أقوى من الفولاذ خمس مرات أو عشر ويمكن أن يُشد إلى ٢٠٪ من طوله دون أن يتكسر؟ لم تقرب أي من هاتين العمليتين في الوقت الحالي من أن تصبح واقعا تجاريا، لكن أيا منهما ليست احتمالا يُرفضه على الفور كل ليب يعرف عن البيوتكنولوجيا.

تمكن العلماء الآن من كلونة جينات لبروتين أو اثنين متهما يتألف خيط العنكبوت، ويقولون إن الأمر أمر وقت حتى يمكن تصنيعه، تقريبا بنفس

الطريقة التي يُصنع بها الإنسولين الآن. يتحدث أحد الاختصاصيين في كيمياء خيوط العنكبوت عن أوجه استخدامه فيقول إنه يعتقد أنه قد يصلح كخيوط ممتاز يستعمله الجراح فلا تنتج عنه ندوب، لأن سُمكه يبلغ عُشر سمك الخيوط الحالية - أو قد يُستخدم في الأربطة والأوتار الاصطناعية - إما للاستبدال الكامل أو كمادة للترقى. يفكر الباحثون العسكريون في فائدته كحبال للباراشوت أو لصناعة سترات لا تُنفذ الرصاص - أو ربما لربط الأشياء عركبات الفضاء، بينما يتفكر غيرهم في استخدامه لصناعة أدوات متينة للرياضة، أو حتى كبديل للكابلات الفولاذية بالجسور المعلقة.

هذا عن المستقبل، أما الآن، فممكن الممكن تقنياً أن تُستخدم الكتلة الحيوية - وكذا تسمى المواد المصنوعة من النباتات والحيوانات - بديلاً عن الكيماويات المشتقة من البترول في مجال واسع من التطبيقات الصناعية. توصلت دراسة أجرتها وزارة الطاقة عام ١٩٩٤ إلى أنه من بين الخمسين من البتروكيماويات بالولايات المتحدة هناك تسع عشرة يمكن أن تُستبدل بها مصادر الكتلة الحيوية إذا لزم الأمر. لا يتم استبدال هذه البتروكيماويات الآن لأن أداؤها طيب واقتصادي. لكن هناك عدداً من العوامل قد يغير الصورة: زيادة سعر البترول أو تناقص تيسره، فتوحاً بحثية تجعل الكتلة الحيوية أكثر كفاءة واقتصادية، تشريعات بيئية، ضغطاً من مجاميع المستهلكين.

من بين أسخن التوقعات بالنسبة للمواد البيولوجية هناك البلاستيكات التي يمكن تحللها بيولوجياً، فالبلاستيكات المرتكزة على البترول مكروهة من قبل البيئيين. ينهمك عدد كبير من معامل البيوتكنولوجيا في البحث عن منتجات بوليمر صالحة تجارياً وتحلل في الوقت ذاته في البيئة.

هناك منتج يبدو أنه سيصيب نجاحاً تجارياً، هو: إيكو - بلا، وهذا بلاستيك تصنعه شركة كارجيل الأمريكية عن طريق تخمير الذرة لإنتاج حامض اللاكتيك. وحامض البولي لاكتيك - كما يسمى المنتج - كان

يصنع من زمان طويل، ويستخدم أساساً في المنتجات الجراحية مثل خيوط الجراحة التي تتحلل في جسم الانسان - لكن سعر الرطل منه يصل إلى مئات الدولارات. صمم علماء شركة كارجيل عملية جديدة مكّنت الشركة من تخفيض السعر إلى نحو دولار للرطل. ويتوقع المحللون أن ينتشر استعمال إيكو - بلا في إنتاج حاويات الوجبات السريعة وأكياس القمامة - وبالطبع أيضاً في تصنيع أطباق وأدوات طعام الرحلات. تدّعي الشركة أنه من السهل إعادة تدوير هذه المادة أو تحللها لتصبح سماداً، إذ تتحول إلى ماء وثنائي أكسيد كربون ودبال - المادة المغذية بالتربة - وذلك في ظرف ٦٠ يوماً أو أقل. وهذا تقدم هائل يفوق كثيراً "البلاستيكات القابلة للتحلل بيولوجياً" التي ظهرت في ضجة عارمة في الثمانينات - فقد اتضح أن هذه الأخيرة لا تتحلل بالفعل بيولوجياً، إنما تنهار فقط إلى قطع ضئيلة جدا من البولي إثيلين - البلاستيك القديم بعينه. يمكن نظرياً أن ينتهي إيكو - بلا بالتحلل في تربة حقل للذرة يُستغل محصوله في نهاية الأمر في صناعة بلاستيك أكثر. يمكن تصنيع هذه المادة من عدد من الحبوب ومن البطاطس وبنجر السكر. لكن الشركة التي طوّرت عمله في مجال طحن الذرة، وتتوقع أن تقدم أكثر تعزيز لحاجة السوق من الذرة، ومنذ أن ظهر في السبعينات المحلّي الواسع الانتشار: مشروب الذرة عالي الفركتوز. (وهذا المشروب على الدّكر كان واحداً من المنتجات التي أسهمت في خفض قيمة بنجر السكر وقصب السكر).

توجد البلاستيكات - وهي أساساً بوليمرات، جزيئات طويلة ذات تتابعات متكررة - توجد بالطبيعة في صور شتى. اكتشف عالم المحاصيل الفرنسي موريس لاموان عام ١٩٢٦ أن بعض البكتريا تخزن فائض طاقتها في صورة بلاستيك لا دهن. ثم وجد من تلاه من الباحثين أكثر من تسعين نوعاً من البكتريا تصنع البلاستيك. ثمّة شركة أوروبية تستعمل واحدة من هذه - الكاليجينز يوتروفص - لصناعة نوع آخر من البلاستيك القابل للتحلل بيولوجياً: البولي هيدروكسي بيوتيريت. وهذا منتج غالي السعر، لكنه محترم

إيكولوجيا، ويستخدم في صناعة مفردات مثل زجاجات المشروبات الخفيفة ومقايض ماكينات الخلاقة التي تتخلص منها بعد الاستعمال. قام كريستوفر سومرفيل، الباحث في ستانفورد، مؤخراً، بتطعيم جين إنتاج البلاستيك من الكاليجينز يوتروفص في نبات من أقارب الخردل المعروف. تمت النباتات جيداً وأنتجت مادة تشبه البولي بروبيلين كثيراً - وهذا هو البلاستيك المستخدم في صناعة متوجات مثل أباريق اللبن التي تسع لترا. اشترت شركة مونساتو الحقوق الأمريكية لهذه العملية، وهي تنوي محاولتها في نباتات لقت البذور. فإذا نجحت العملية - أي كان أداؤها جيداً في الاختبارات الحقلية واجتازت العقوبات المألوفة - فربما انتهت الشركة بمحصول جديد غريب لمزارعي المستقبل - بجانب حاجيات الشمس ودواء نوبات القلب.

### الطاقة البيولوجية

عبر القرون، كان الناس يحصلون على الضوء والحرارة من تشكيلة واسعة من المواد البيولوجية، بدءاً من روث الياك، إلى زيت الحوت، إلى خشب الحريق، لكن الثورة الصناعية وصلت إلى الوقود الحفري اللامتجدد: الفحم في البداية، ثم البترول فيما بعد. ومع تكشف ثورة اليومعلومات أصبح من الواضح أنه في الإمكان تطوير الكثير من مصادر الطاقة الجديدة التي تركز على البيولوجيا. كما اتضح أن هذا سيكون - في المستقبل المنظور - تنوعاً لمصادر الطاقة، وليس مجرد استبدال هاديء لوقود جديد بآخر قديم. ولقد نلاحظ بسهولة اعتماداً متزايداً على الغاز الطبيعي في نفس الوقت الذي تدخل فيه السوق مصادر عضوية متجددة.

قفزت البرازيل في السبعينات قفزة شجاعة إلى عصر الوقود البيولوجي، لكنها لم تهبط تماماً على قدميها. في قلب أزمة البترول، عندما بدت احتمالات التنمية كئيبة بالنسبة للدول التي تحتاج إلى شراء بترولها من السوق العالمية، اتخذت الحكومة الوطنية قراراً عام ١٩٧٥ باستبدال الإيثانول

بالبنزين. تفتقر البرازيل إلى مخزون معروف من البترول، لكنها تتميز بأراض شاسعة، وشمس ساطعة، وفلاحين يعرفون كيف يزرعون قصب السكر ويحولونه إلى كحول. في أقل من عقد من السنين كان بالدولة ٤٠٠ مصنع، نصفها متصل بمعامل تكرير السكر، وبلغ انتاجها في العام من الكحول تسعة ملايين طن. وفرت البرازيل الملايين بتخفيض استيراد البترول، وأطلق عليها الناس اسم "الدولة التي لا تتحرك عرباتها إلا بالخمرا".

كانت المشكلة هي أن الإيثانول ليس بالوقود النظيف الاحترق - على الأقل في العربات التي كانت تستعمل آنذاك. يُطلق الاحترق مقادير كبيرة من الألهيدرات، الأنخرة اللطيفة التي تفوح رائحتها غير المقبولة في الشوارع الحارة المزدهمة بالمدن الكبيرة. ثم كان أداؤه الاقتصادي أيضا مخيبا للآمال. دعمت الحكومة بشدة عملية التحويل - تقول بعض التقديرات أن قيمة الدعم قد بلغت في بعض السنين ما يعادل ميزانية الجيش، في زمان كانت البرازيل فيه كريمة مع الجنرالات - وقد لعب دوراً فيما أصاب الميزانية من عجز هائل. ثم إن انخفاض سعر البترول بالسوق العالمي قد فاقم الوضع هو الآخر.

دفعت البرازيل والبرازيليون ممنا غالبا في هذه المغامرة الرائدة. سمَّها خيرة معرفة. لم تكن فشلا كاملا؛ فهي على الأقل قد خفضت ما يحمله هواء المدن الكري من الرصاص، وأول أكسيد الكربون، وغير هذا من الملوثات الرقيقة الرائحة. ولقد تحسنت التكنولوجيا مع الزمن. تجري الآن في الكثير من أنحاء العالم سيارات بوقود بيولوجي - إيثانول أو ميثانول - ناتج عن محاصيل كالبطاطا (بالولايات المتحدة) الذرة. وهناك مصنع استرشادي باليابان ينتج الكحول من خلايا الخميرة. كما يحاول بحاث آخرون الوصول إلى وسائل أفضل لمعالجة السليلوز الخشبي - المكون الأساسي لمخلفات نشارة الخشب والقش وقشر الذرة وسيقان الذرة ولب البنجر.

وقد يتضح أن هذا هو أحد أكثر تطبيقات بحوث البيوتكنولوجيا وعداً بالنسبة للنمو الاقتصادي في بعض الدول النامية، لأن السليلوز الخشبي هو أكثر المواد العضوية انتشاراً بالعالم وأرخصها وأوفرها. وقد تؤدي الوسائل الأفضل لمعالجة الكتلة الحيوية، إلى مصانع على مستوى القرية تستخدم مواد رخيصة لإنتاج ما شئت من المواد الكيماوية النافعة - من الوقود إلى المحاصيل المغذية للتصنيع.

هناك مؤمن آخر بمستقبل الطاقة البيولوجية، هو وزارة التجارة العالمية والصناعة، للحكومة اليابانية. عمول هذه الوزارة منذ سنين بحوثاً لإنتاج الإيدروجين عن طريق البيوتكنولوجيا - والإيدروجين هو أنظف وقود احتراقاً، الوقود الذي يعتقد الكثيرون أنه أفضل أمل للطاقة بالقرن القادم. والطريقة الحالية لصناعة الإيدروجين هي فصله من الماء - وهذه عملية مكلفة وصعبة تستهلك قدراً كبيراً من الكهرباء. لكن العديد من الميكروبات ومن الطحالب البحرية ينتج الإيدروجين طبيعياً. ويأمل باحثو الوزارة أن يجدوا سلالات - أو أن يخلقوا سلالات - يمكنها أن تفعل ذلك إنما بكميات تجارية.

## نحو الكمبيوتر البيولوجي

لا يزال الكمبيوتر - تلك الآلة الرائعة التي تبدو قادرة على إعادة كتابة الكثير من قوانين الحياة - لا يزال مجرد شيء يصنع بالمصانع من مواد مألوفة من العصر الصناعي: بلاستيكات تتركز على البترول، معادن، سليكون. إنه طفل العصر الصناعي، حتى وإن كان قد تحول ليمسك بزمام الأمور ويغير مجرى الرواية - مثلما فعل بعض أبناء أحد ملوك شكسبير التبعاء. لقد سيطر الكمبيوتر، وحول الكثير من الأشياء تحولاً جذرياً، بل لقد حول صناعة الكمبيوتر ذاتها، والبيولوجيا أيضاً، كما قد رأينا. قادت الثورة الصناعية إلى

ثورة الكمبيوتر، التي قادت بدورها إلى الثورة البيولوجية. ويبدو الآن عتمة أن تستدير البيوتكنولوجيا فتحول الكمبيوتر.

قمت وأنا في اليابان بزيارة إيزاو كاروي - الذي عُرف باسم "والد المُستشعر البيولوجي". أهداني الوحدة الأساسية لهذا المستشعر - جهاز صغير لا يزيد كثيراً عن خلة تسليك الاسنان - ولا زلت احتفظ بها على رف مكتبي، تذكراً للماضي ودليلاً إلى المستقبل. في نحو ذلك الوقت - عام ١٩٨٧ - بدأ عدد من الصحفيين المغامرين ينشرون مقالات عن احتمال صناعة "الرقاقة البيولوجية" - الكمبيوتر البيولوجي. تصورت أن الفكرة حاملة بعض الشيء. لكن كاروي أخذها مأخذ الجد، كان يعتقد أن العمل الذي يقوم به قد يسهم في الماضي في هذا الاتجاه.

يتمزج المستشعر البيولوجي المادة العضوية بعنصر إلكتروني. فإذا وُضع في محلول - في عينة دم إنسان مثلاً - أنتج التفاعل الكيماوي إشارة كهربائية توفر قياساً مضبوطاً لمادة معينة قد تكون موجودة. (يمكن لهذا المستشعر في الوقت الحالي أن يقيس مادة واحدة، وسيأتي المستشعر المتعدد فيما بعد).

كان هناك باليابان بالفعل أكثر من عشر شركات تصنع المستشعرات البيولوجية، وكانت تستعمل حتى في أماكن مبتذلة مثل أسواق السمك ومصانع البيرة. يمكن للمستشعر البيولوجي أن يحتسب طزاجة سمكة نمة أو يراقب دفعة من البيرة أو الساكي أو صلصة الصويا. تستعمل المستشعرات البيولوجية في أمريكا لكشف آثار المخدرات في عينات الدم أو البول، ولها لا شك مستقبل واعد في تطبيقات الطب. لقد أصبحت مجالاً موطداً في الإلكترونيات البيولوجية، ويبدو أن التقدم نحو الكمبيوتر البيولوجي قد أصبح الآن واقعياً ومتملاً.

وحتى عهد قريب جداً كانت أكثر طرق البحث وعداً تمضي في اتجاه تكون فيه العناصر النشطة في الدوائر الكهربائية هي الجزيئات البيولوجية -

البروتينات المهندسة. ربما لا يؤدي هذا إلى كمبيوتر جزئبي بيولوجي خالص، وكما يقول روبرت بيرج - أحد كبار قادة هذا المجال من جامعة سيراكوز-: "إن الأغلب، في المستقبل القريب على الأقل، أن تستخدم التكنولوجيا الهجينة، وفيها تمزج الجزئيات بأشباه الموصلات. ومثل هذا المنهج سيهيء كمبيوتراً حجمه يبلغ ١٥/١ من حجم الكمبيوتر الحالي، وسرعته مائة ضعف السرعة الحالية".

تظل عناصر الكمبيوتر المصنوعة من البروتينات المهندسة أملاً جذاباً، لكن البروتينات توارت بعض الشيء في الظل في أواخر عام ١٩٩٤ عندما نشر الدكتور ليونارد آلمان، منظر الكمبيوتر بجامعة جنوب كاليفورنيا، مقالاً رائعاً بمجلة "ساينس"، وفيه: (أ) اقترح مدخلاً مختلفاً تماماً إلى قضية الكمبيوتر. (ب) أعلن أنه قد نجح بالفعل في إجراء حسابات معقدة - في أنبوبة الاختبار. كانت المادة التي استخدمها هي نظام الطبيعة ذاتها للمعلومات: الدنا بعينه.

أما ما فعله فهو أنه وضع مشكلة رياضية باصطناع جزئيات دنا خاصة، ثم عالج المعلومات من خلال التفاعلات الكيميائية التي تحدث عن مزج الجزئيات سوياً. كانت المشكلة مشكلةً كلاسيكيةً طالما سببت الصداغ للرياضيين، وهي البحث عن طريق يربط سبع مدن بينها أربعة عشر شارعاً لا أكثر لكل منها اتجاه واحد. هذه واحدة من مجموعة من مشاكل لا حل لها بسيطاً على الإطلاق، ولا تحل إلا بتجريب كل الاحتمالات الممكنة.

وصف آلمان في بحثه الطريقة التي قام بها الدنا لحل المشكلة، ووصف ما يدير العقل من إمكانيات نظام للحساب يركز على الدنا: نظام يستطيع أن يجري أكثر من ترليون عملية في الثانية (أسرع ألف مرة من أفضل الكمبيوترات الفائقة)، نظام أفضل بليون مرة في استهلاك الطاقة، نظام قادر على تخزين كميات هائلة من البيانات. لا عجب إذن أن يُشَوَّر بحثه انفجاراً من الاهتمام بالحساب البيولوجي: أعلن على شبكة الإنترنت عن اجتماع عن



كمبيوترات البدنا، ليندفع نحو ٢٠٠ من المتحمسين، من علماء الكمبيوتر والبيولوجيين وغيرهم، إلى قاعة في برينستون لمناقشة هذا الموضوع الجديد.

كان ما أجمع عليه الحاضرون في هذه المرحلة - المبكرة جدا - من مراحل الحساب بالبدنا، هو أن لهذا الحساب قدرات مذهلة، وأن له بالطبع ما نشاء من العقد المحتملة والمزالق. والأغلب أن يُستعمل البدنا لا كبديل للكمبيوترات التقليدية وإنما ككمبيوترات هجينة، أو كوحدات لتخزين المعلومات، أو ربما في ضروب معينة من الحسابات الضخمة. لكن يبدو أن الحساب بالبدنا، أيا كان شأن مستقبله، قد وصلنا كمفاجأة تامة. يقول أحد علماء الكمبيوتر: "لقد بدأت مسارب الفيزيكان تفتح. لم أر في حياتي ميدانا يتحرك بمثل هذه السرعة". ويقول آخر: "لقد غدا الآن صناعة". ويقول غيره بعد أن ذكر عددا من العقبات التقنية: "إذا قلت لي، هاك عشرة ملايين دولار، وأمامك سنة لتبني كمبيوتر فائقا سريعا جدا، فرما تحدثت مع أصدقائي في كربي"، ثم أضاف: "أما لو قلت لي هاك العشرة ملايين، وأمهلتي خمس سنوات، فرما فكّرت في البدنا".

## التقاربات البيولوجية

قمنا في الفصول السابقة بمسح التقدم البيوتكنولوجي والإمكانات في ميادين ثلاثة: الطب والزراعة والصناعة، وتفحصنا بعضا قليلا من الخطوط البحثية التي تحمل ما يبشر بأن تصبح جزءا من المستقبل - العلاج بالجينات مثلا، وزراعة الأنسجة، والمواد البيولوجية. وأنا لست عالما، ولا أنا من العرافين، ومن ثم فأنا لا أعرف ما سيصيب منها وما سيخيّب. ومن المحتمل جدا عند قراءتك لهذا الكتاب أن تكون بعض المشاريع قد نجحت، وأن يكون البعض الآخر قد فشل - ومن المحتمل أيضا أن تكون مفاجآت أخرى قد ظهرت بمعمل أحدهم (مثل كمبيوتر البدنا). ولكن، على الرغم من أن التفاصيل ملتبسة إلى حد رهيب، فإن الخط العام للتطوير ليس كذلك: في

الطب تجري ثورات، ومثلها في إعادة ابتكار الزراعة، وستظل الثورات بهما تجري.

لكن الصورة تبدو أقل وضوحا بالنسبة للصناعة. لنا أن نتوقع تناقصا في تمسك العالم بالموارد المعدنية وبرأس المال، يصحبه احترام متنامٍ لقيمة الموارد الوراثية والمعلومات وسرعة تبدلها، احترام يمكننا من الاستفادة منها. وقد تستمر هذه العمليات بنفس معدل التقدم المتواضع الحالي، وقد يتخذ واحد من خطوط النشاط هذه - أو عدد منها - قفزة مفاجئة إلى الأمام - وللتغير التكنولوجي طريقته في ذلك - لياغتتنا جميعا.

تتوقف سرعة التقدم في تحضير الصناعة - تحت معدل التغير الحالي - على الطريقة التي بها يتعامل الناس مع نوعية من المعلومات: الاقتصاديات والإيكولوجي. فحتى عهد قريب جدا، كان للحسابات الاقتصادية أن تسيطر تماما على أي حوار حول المداخل الجديدة للصناعة. كانت العُملّة السائدة في العصر الصناعي هي العقلانية الاقتصادية. فإذا تساءلنا عن مستقبل المواد البيولوجية مثلا فسيكون الرد المعقول والنهائي هو: كيف سيكون وضعها التنافسي في السوق. لكننا مجبرون الآن على التفكير أيضا في عواقبها الإيكولوجية أو في الآثار الإيكولوجية للمواد التي ستستبدل بها، كالبلاستيك. المعايير الاقتصادية بالقطع لم تَغِبْ بعد، لكنها أصبحت الآن جانبا من حوار أكثر تعقيدا.

ففي موضوع الطاقة البيولوجية مثلا، سنجد بعض الخبراء متحمسين لأشجار الحور الأمريكي الأسود كمصدر للطاقة في المستقبل. تنمو هذه الأشجار بسرعة، ويمكن أن تُحوَّلَ إلى ميثانول - وهذه صورة من الكحول تصلح لتشغيل محركات العربات الحالية. يمكن أن تُستغل الشجرة في "زراعة الوقود" - بل وربما أيضا بأسعار تسويقية، ومن ثم فهي تجتاز الاختبار الاقتصادي. لكن السبب الحقيقي في التحمس لها هو أن نظام إنتاج الوقود

من الكتلة الحيوية لهذه الشجرة سيكون (تقريباً) محايداً بالنسبة للكربون؛ نعي أن الأشجار النامية ستأخذ من الجو كربوناً بقدر ما ستبته عند احراقها وقوداً، وبالتالي فلن تكون ثمة زيادة في غازات الصوبة. هذه الحسابات لم تركز فقط على معرفة أداء الوقود في نظام اقتصادي، إنما أيضاً على أدائه في نظام إيكولوجي - الكرة الأرضية.

وهذا النوع من التفكير يحتاج إلى ضروب عديدة من المعلومات لا زالت جديدة حتى بالنسبة لنا: صورة عامة للعالم كمحيط حيوي، اسقاطات حول التغير المحتمل في المناخ في المستقبل. حسابات محكمة للتبادلات المتوازنة للكربون مع الغلاف الجوي. وهذه الضروب من المعلومات تجد طريقها أكثر وأكثر إلى الحوار العام - يرغم ما قد يعتورها من قصور، ويرغم ما قد يشور حولها من خلافات. إننا نحيا في عالم مختلف، في مجتمع كرضي بيومعلوماتي، عالم لا يعرض فقط تغيراً تكنولوجياً، وإنما أيضاً تفهماً متغيراً لنوع العالم الذي نسكنه ولكيفية عمله. إنه عالم يُسَيَّر - يعطينا على الدوام تغذية مرتدة عن حالة النظم الإيكولوجية، وقلرةً على التأثير فيها.



## **الجزء الرابع**

# **الحياة المتغيرة لكوكب الأرض**



## الفصل العاشر

### التوجيه البشري للنظم البيولوجية الطبيعية

سواء أكنّا نتأمل فُرْناً كهربائياً بسيطاً، أو سلسلةً من المتاجر يراقبها كمبيوتر، أو قطعة نائمة، أو نظاماً بيولوجياً، أو جايًا ذاتها، فطالما كنّا نتأمل شيئاً يمكن أن يتكيف، قادراً على أن يجمع المعلومات وعلى أن يخزن الخبرة والمعرفة، إذن فستكون دراسته هي أمر سيرنطيقا، أما ما يُدرّس فيمكن أن يسمى "نظاماً".

— جيمس لفلوك.

ندبر نحن البشر بالفعل شعور كوكب الأرض بأكمله، كلٌ سنتيمتر مربع منه، الآن، أما أن تتوهم أننا لا ندبره، أن آيا منا يمكنه أن يُعفى من هذه المهمة، فهذا أمر جلد خطر.

بيتر والفن.

نوقشت على نحو واسع نظرية جايّا التي قدمها جيمس لفلوك ولين مارجوليس — فكرة أن المحيط الحيوي كيان ذاتي التنظيم له آليات تغذية مرتدة يجعله صالحاً للحياة بالتحكم في البيئة الكيماوية والفيزيائية، وأصبحت النظرية جزءاً من الثقافة العالمية يكاد يعادل في أهميته الصورة الفوتوغرافية لكوكب الأرض. كلا، لم تناقش فقط على نحو واسع، وإنما حُرِّفت أيضاً على نحو واسع: حرقها المناصبون لكلا الاتجاهين المتعارضين في الجدل البيئي الدائر حالياً.

رأى أنصار مفهوم "ولا يهلك" أنها تعني أنه لا يهم حقا أن تلوث البيئة، لأن جايا الطيبة العجوز ستتنظف كل شيء، وحوّلها المتطرفون الخُضر إلى ضروب من الروحانية البيئية، واستخدموا الصورة الأسطورية لجايا لدق إسفين بين الكوكب وبين من يحيا عليه من البشر: جايا تصبح الإلهة الحكيمة التي تحفظ كل شيء بهيجا للطيور والحيوانات، أما البشر فيتخذون دور المفسدين الأشرار، ليس لأعمالهم إلا أن تُقعد جايا عن أداء مهمتها. والحق أن أيّا من الصيغتين ليست أمينة بالنسبة للنظرية الأصلية - والمهم، هنا، أن أيّا منهما لا تمثل بدقة الطريقة التي بها يعمل العالم الآن. فنحن لا نستطيع أن نحسم لما نذيعه من فوزى، كما أننا لا نستطيع أن نعزل فعل البشر عن معادلة تنظيم المحيط الحيوي.

يلعب البشر الآن دوراً رئيسياً في إدارة نظم العالم الطبيعية - الهواء، المحيطات، النظم الإيكولوجية لليابسة، عشائر الحياة البرية، بل وحتى المستودع الجيني الكرضي. وعلاوة على ذلك فإن مثل هذه الإدارة ليست على وشك التوقف أو حتى التقلص، بغض النظر عما نسمعه من مواعظ تحضنا على أن نحسن إلى البيئة. والواقع أن المعدلات الحالية للنمو السكاني والتقدم التكنولوجي تؤكد أن دورنا سيتزايد.

كان العالم ذات يوم بالفعل نظاماً غير بشري من نظم إيكولوجية، نظم مناخية، نظم جيولوجية، وكان من الوجهة هذه يشبه جنة الطُهرين الجايابوين. لكن مجرى التطور قد حوّل تلك النظم بطرق شتى إذ بدأ الناس المحجرة وصيد الحيوان والأسماك والزراعة والري والتجارة والحرق والبناء والتعدين والابتكار. وقد يكون من التبسيط المخل حتى أن نقول إن للناس أثراً على البيئة. العبارة صحيحة تماماً، لكنها لا تعطي صورة كافية عن الطريقة التي يعمل بها العالم، عن الطريقة التي يتطور بها التطور، وعن مدى انغماسنا في أنشطة جايا.



لم يغير البشر فقط النظم المختلفة لكوكب الأرض، وإنما خلقوا أيضا نظاما جديدة تماما. والمزارع -النظم الإيكولوجية الزراعية- هي مثال للنظم التي ابتكرها الانسان. والمدن مثال آخر. ولدينا أيضا نظم النقل، نظم توزيع المياه، النظم الاقتصادية مثل الأسواق المحلية والعالمية، ونظم المعلومات مثل الأعمار الصناعية والإنترنت. ولقد أصبحت هذه جميعا متصلة بنظم أخرى بشرية وغير بشرية. يربط نظام المياه الهائل في كاليفورنيا، المدينة التي أسكن بها (ومنزلي، وجسمي، ونباتات حديقتي، وحيواناتي الأليفة) بجبال مكسوة بالثلج بعيدة. وهو يربط أيضا هذه الجبال بمزارع بمقاطعة فريسنو وبحمامات السباحة في بيفرلي هيلز. تتغير النظم كما ترتبط، تصبح نظاما مختلفا بطرق عديدة. كان من بين أهم التغيرات سقوط الحدود بين النظم البشرية والنظم غير البشرية. والوسيلة الوحيدة التي تمكن من فكرة واضحة حقا عن مثل هذه الحدود هي أن تبقى جاهلا بما يجري. ولقد أصبح هذا أمراً صعباً، لأن الكثير مما نبتكره من نظم هو نظم معلومات تحكي لنا عما يجري.

لهذه المعلومات دائما علاقة بالسلطة. إنها تخبرنا بالقرارات التي اتخذت في الماضي، وبما كان لها من آثار، وتجهزنا لاتخاذ قرارات أخرى لها نتائج إيكولوجية/ بيولوجية أبعد: هل تروى المسطح الأخضر أم تترك النجيل يموت، هل تصوت في صف إنشاء الحديقة العامة أم ضده، هل تريد الإنجاب أم ستلجأ إلى حبوب منع الحمل. كل واحد من هذه القرارات هو جزء من الطريقة التي يعمل بها العالم - من أصغر الخيارات يقوم بها فلاح يحرث حقله، إلى أخطر الخيارات المتعلقة بالكرة الأرضية يقررها مؤتمر دولي بشأن غازات الصوبة. أيا كان ما تفعله جانيا - على نحو سيء أو على نحو طيب - فهي تفعله بمساعدة الانسان. المجتمع البيومعلوماتي مجتمع كرضي، وهو متشغل في حمية يدير شؤون الكرة الأرضية، وهو - باللمعة - يعرف ذلك!

أنا لا أقول إن هذه المعارف - نعتي الإدراك العام بالطريقة التي بها أصبحت الخيارات البشرية جزءاً متكاملًا في نسيج المحيط الحيوي وأسلوب

عمله وتطوره - إنها قد بلغت الآن مرحلة الوضوح الكامل أو الحكمة. إننا دائما لا نعرف ماذا نعرف. يصعب الآن حقا أن تبقى جاهلين بالحقيقة الأساسية التي تقول إن للنظم البشرية آثارها الإيكولوجية/ البيولوجية على مستوى العالم. لقد أصبحت النظم البشرية الآن جزءا من آلية توجيه المحيط الحيوي بأسره.

وعندما نتحدث عن التوجيه، فمن المفيد أن نذكر أن توجيه النظم الكبيرة لا يمكن أبداً أن يكون هو التحكم الكامل - ولا حتى تحت النظم الشمولية التي حاولت كثيرا أن تجعله هكذا. يلعب البشر دور التوجيه بالنسبة للنظم الإيكولوجية غير البشرية، لكننا نظل في جهل مطبق - عاجزين عن الفعل - أمام الكثير من تفاصيل طريقة عمل المحيط الحيوي. إنه نظام هائل معقد لا يمكن أن نعرف أدائه تماما، أو أن ننظمه أو نتنبأ به أو نحدد مساره. التوجيه ليس تحكما بقدر ما هو تطبيق للتغذية المرتدة التي تؤثر في طريقة عمل نظام ما. أشار نوربرت فينر - الرياضي الذي جعل السبرنطيقا في متناول الجمهور في الأربعينات - أشار إلى أن المعلومات في صيغة التغذية المرتدة تعمل باستمرار في نشاطات النظم الميكانيكية والنظم البيولوجية، ولقد يقول: مد ذراعك لتلتقط قلما. أنت هنا لا تقوم بتوجيه فعل عضلي واحد، وإنما تحرك عملية ستتظمها التغذية المرتدة - عادة في صورة معلومات بصرية تستخدمها لإصلاح مسلك ذراعك وهو يؤدي العملية. ولقد أشار أيضا إلى أن هناك ما تشاء من التغذية المرتدة المعيبة، وإخفاقات الاتصال، وغير ذلك من الحوادث المؤسفة، هناك ما قد يجعل الأنظمة السييرية فوق التحكم، أو تحت التحكم، أو ما قد يجعلها تتخذ اتجاهات خاطئة. نحن نلاحظ أن الأفعال البشرية تقود الآن مجرى التطور بالنسبة للكثير من أنواع الكائنات، ويعنى ما أيضا بالنسبة لكوكب الأرض ذاته، لكننا سنجد أنه حتى النظم الاصطناعية الصغيرة - كالحديقة الصغيرة في الفناء الخلفي لمنزلي - ليست تماما تحت تحكم الانسان.

يا له من موقف دقيق ذلك الذي يقف الانسان فيه الآن. ولقد نقترح أنه ربما كان علينا أن نتجنب التوجيه حتى تتمكن من تفهم أكمل له. لكن الناس في كل مكان يوجهون النظم الإيكولوجية بالفعل - أو إن شئت، إن النظم الإيكولوجية في كل مكان تخضع لتوجيه النظم البشرية. فليست هناك، على سبيل المثال، عشيرة برية في أي مكان على ظهر الأرض لا تقع تحت طائلة صانع قرار بشري - يدبر أمرها مباشرة، كما هو الحال بالنسبة للعشائر الصغيرة من الأنواع المهددة بالانقراض، أو تؤثر فيها الروافد المتنوعة للحضارة البشرية عن طريق غير مباشر.

### إدارة الحياة البرية والحياة شبه البرية

قد لا يبدو أن ثمة علاقة تربط كلمة "إدارة" بكلمة "الحياة البرية"، لكن الحقيقة تقول إن إدارة الحياة البرية علم موطن ومهنة - بل وتزايد في الأهمية؛ فكل عشائر الحياة البرية هي الآن أجزاء من مجتمع البيومعلومات الكرضي: تحركاتها تُدرس، أعدادها تُرصد وتُغذّى بها بنوك المعلومات، جيناتها تُخَرَّطُن وتُسَلَّسَل، مصائرنا التطورية تتجادل بشأنها مجاميع متنافسة من العلماء والبيعيين والتمويين وملاك الأرض والموظفين العموميين. ربما يتضح تحول الحياة البرية إلى المعلوماتية كأوضح ما يكون في حالة قطعان الفيلة يقتفي القمر الصناعي آثارها، وتراقب على شاشات الكمبيوتر في مدينة نيويورك - لكن بيولوجيا الحياة البرية، وبطرق أخرى كثيرة، تتقارب مع التطويرات الجديدة في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات.

ثمة تغير سريع يعتري معنى إدارة الحياة البرية بأكمله، والهدف منها. كانت في الماضي تختص في معظمها بالحفاظ على سلامة الحيوانات وصحتها حتى يمكن للرياضيين اصطليادها. فحتى عهد قريب كان من الممكن أن يُستبدل بمصطلح "الحياة البرية" مصطلح "حيوانات الصيد". كانت محميات الحياة البرية هي الغابات الخصوصية للملوك والنبلاء والمليونيرات، وكان الهممة

الأولى لحراس غابات الصيد هي حماية الحيوانات من الصائدين الدخلاء - أي من الفقراء - الذين يريدون صيد الحيوانات لأكلها، لا لما فيه من طموح أرستقراطي خالص. ولا تزال أقسام الأسماك والحياة البرية هي التي تقوم بالقدر الأكبر من رعاية الحياة البرية. وكثيراً ما يكون هذا موضع خلاف بعد أن اكتسبت الأخلاقيات الجديدة لإدارة الحياة البرية قلوب الناس وعقولهم - أخلاقهم مبنية على فكرة أن الحيوان يستحق الحماية لأن الله (أو جايًا) قد حباه القيمة - وستصبح هذه على الأغلب جزءاً من نظام القيم لكل من يقوم بالإدارة.

تضمنت إدارة الحياة البرية في تطبيقها، بجانب حماية الأنواع المحلية، إدخال أنواع جديدة. فلقد يستورد الملوك في الأزمنة القديمة أنواعاً جديدة من الحيوانات البرية، أو يرسلون ما بين الحين والحين بضعة أزواج منها كهدايا ملكية. ولقد أصبحت بعض الحيوانات - كالفرّان - مألوفة في مناطق بعيدة عن موطنها الأصلي لأن البعض يهوى صيدها. انحراف داروين عجيب: البقاء لأفضل ما يمكن صيده بالبندقية! ولا يزال إدخال عشائر جديدة يشكل جانباً شائعاً من إدارة الحياة البرية - والأغلب أن يكون هذا الآن محسب خلاف، لكثرة من أصبح لهم دخل في الموضوع.

ومن أمثلة هذا عملية نقل أيل الشمال، ذلك المشروع الكندي الأمريكي الذي تم في أواسط الثمانينات لتأسيس قطع في شمال ميتشجان. وهذا الأيل ليس بالضبط غريباً على ميتشجان - فقد كان نطاق رعيه الطبيعي في الماضي يمتد حتى جنوب كارولينا - لكنه انقرض هناك منذ أكثر من قرن. منذ بضعة ستين لاحظ واحد من علماء الحياة البرية أن الحياة قد بدأت في غابات شبه الجزيرة العليا للولاية بعد أن قُطع الكثير من أشجارها أخشاباً، فاقترح مشروعاً لإعادتها إلى ما كانت عليه. عَرَضَ المسؤولون الكنديون توفير قطع اليد من الغابات البرية بمقاطعة ألغونكين بأونتاريو، على مبعدة ستمائة ميل شمال شرقي شبه الجزيرة.

تضمنت عملية نقل أيل الشمال استخدام الهليوكوبتر لدفع الحيوانات خارج غابة ألجونكسين إلى منطقة مفتوحة، ثم إطلاق أسهم مخدرة عليها، ثم لقيها في ملاءات كبيرة من النايلون ونقلها بالهليوكوبتر مسافة اثني عشر ميلاً أو نحوها إلى شاحنات مسطحة، حيث توضع في أقفاص للشحن لتُنقل إلى ميتشجان فتُطلق في البرية. زُوِّد الكثير بأطواق تحمل أجهزة إرسال يمكن بها مراقبة تحرك القطيع في موطنه الجديد. نجحت عملية النقل، وازداد تعداد عشيرة ميتشجان في السنين العشر التالية من ٥٩ في البداية إلى ما يزيد على ٢٥٠ فرداً.

ولقد موّلت أندية الرياضيين الجانب الأكبر من عملية نقل أيل الشمال هذه - التي لم تواجه المعارضة المألوفة في مثل هذه الأمور - كما عضدها في حماس السكان المحليون، بل لقد زعزف البعض منهم عرياتهم بملصقات تفاخر بـ "ميتشجان - حيث يرتع الأيل". ومن الشائع في حالات إدارة الحياة البرية أن ينقسم الناس إلى جماعات غاضبة لكل رأيها فيما يجب عمله. كان من بين الخلافات الساخنة ما جرى من خلاف حول مشروع كندي أمريكي آخر يهدف إلى إعادة توطين الذئب في ييلوستون برك بوسط إيداهو. دافع البيئيون عن هذه الفكرة لسنوات طويلة، وسعدوا عندما بدأ العمل لتنفيذها. قال مدير "صندوق الذئب" في وايومنغ: "الذئب هو تحسيد البرية، وييلوستون هي رمز الأماكن البرية. إن الأمر يشبه إعادة النض إلى القلب". لكن، كان لأحد مربّي الماشية وجهة نظر أخرى، عر فيها أيضاً عن رأي دفين ضد الحكومة يذيع في تلك المناطق: "إن القضية ليست قضية ذئب. القضية هي قضية التحكم في الأرض. إن هذا ليس سوى جزء من مخطط أكبر لوزارة الداخلية للسيطرة على الغرب. إذا تحكموا في الأرض وتحكموا في المياه، تحكموا في الناس". وخوفاً من أن تقضي الذئب على حيوانات المزرعة، قامت جماعات المعارضة برفع الأمر إلى القضاء، ليوضع مستقبل قطيع الذئب في يد قاضي فيدرالي. كثيراً ما يكون فقهاء القانون والبيروقراطيون هم من

يقررون فعلاً المصير التطوري للحيوانات البرية، لا القواعد المثالية لبقاء الأصالح.

هناك قضية أخرى في إدارة الحياة البرية - أكثر مراوغة بعض الشيء من الحسابات البدائية لموضوع "الذئاب ضد الماشية" - هي مسألة كيف تحيا الحيوانات حقاً في البرية عندما تكون تحت حماية الإنسان. يقول بعض نقاد المسعى الطويل الجهد لإعادة عشائر من نسر كاليفورنيا الفحاح، يقولون إن برنامج تفريخ النسر هو أيضاً صورة من برنامج لتحويل السلوك. يسرح النسر الفحاح فوق مسافات طويلة ويتغذى على الجيفة، وكثيراً ما يجرد، ويأكل، جثث حيوانات قتلها الصيادون بالرصاص، جثثاً تمثلياً بطلقات الرصاص - وكان هذا على أية حال واحداً من بين الأسباب التي جعلت هذا النسر مهدداً بالفاء. اقترح بعض علماء الحياة البرية أن يُقدم للنسور لحم خال من الرصاص في مناطق مختارة للتغذية، وأن تدرب الطيور على أن تلجأ إليها. وجه بعض البيوعين نقداً عنيفاً لهذا الاقتراح لأنه يبدو "معايشة للطبيعة". أما البديل لهذه المعايشة فهو إدارة الموطن بطريقة تسمح للطيور بأن تحيا وكأن الإنسان غير موجود - وهذا أمر يصعب تحقيقه إذا كان الموطن سلسلة من الجبال في أكثر الولايات ازدحاماً، تحدها طرق كبرى في شرقها وفي غربها.

وفي قصة نمر فلوريدا الأرقط مثال آخر يوضح بجلاء كيف أن إدارة الحياة البرية هي أيضاً سياسة تطويرية. يتحول هذا النمر الأرقط في براري شمال فلوريدا داخل وحول غابة أوشيولا الوطنية وغير الحدود إلى مستنقع أو كينينوكي بولاية جورجيا. والحيوان يحمي قانون حماية الأنواع المهددة، وأعداده مراقبة بدقة. في عام ١٩٩٣ قامت "جماعة متخصصي تربية الحيوانات في الأسر" (وهذه مستودع علمي غير حكومي) بدراسة البيانات التي جمعتها "اللجنة البيئية لنمر فلوريدا الأرقط" (وهذه جماعة للإدارة تمثل أربع وكالات فيدرالية وولائية)، ثم أصدرت تقريراً يحذر من أنه ما لم نفعّل شيئاً، فستتفاقم بزيادة التربية الداخلية مشاكل التكاثر والعيوب الوراثية - مثل

لفظ القلب، وسيختفي النمر الأرقط - وعدده نحو ٥٠ فرد بالغاً - في أقل من ٢٥ عاماً. لاحظ هنا أن المعلومات الحرجة كانت في صورة إسقاط يركز على التحليل الوراثي. كان العلماء يطلبون من المسئولين أن يستجيبوا لشيء لم يحدث بعد.

صُعِد الأمر إذن إلى وكالة التوجيه التطوري المناسبة - وكانت في حالتنا هذه هي قسم الأنواع المهددة بوزارة الداخلية في واشنطن دي سي - حيث قرر المسئولون إدخال أصول تربية جديدة. وأسد تكساس الجبلي قريب لصيق لنمر فلوريدا الأرقط، وقد جُلِب منه عشرة أفراد - بعضها أُسِر من البرية وبعضها رُبي في الأسر - زودت بأطواق تحمل أجهزة إرسال بحيث يمكن تعقب تحركاتها من طائرات تحلق فوق المنطقة، ثم أُطلقت. سَلِم مدير الوكالة بأن هذا كان إجراء بالغ الأثر، لأنه قد "يعيد تكوين التنوع الوراثي الأصلي" لعشيرة النمر الأرقط. ولقد نجح مثل هذا مع أنواع أخرى، ثم إنه لا يعرّض الوضع القانوني للنمر للخطر - وهذا هو المهم هنا. فأسد تكساس الجبلي ونمر فلوريدا الأرقط يعتبران نوعين لنوع واحد، وقد كان التزاوج يحدث بينهما في الماضي غير البعيد جداً، ولا يزال النمر الأرقط من الناحية الرسمية نوعاً (مُهدداً) مميزاً، وليس هجيناً.

في أواخر ربيع عام ١٩٥٥، وبعد أن أُطلقت أسود تكساس الجبلية بوقت قصير، بُيِّنَت الإشارات المثبتة من غابة فلوريدا الحارة أن الذكر رقم ٥٤ من نمور فلوريدا يقضي وقتاً طويلاً مع الأنثى رقم تي إكس - ١٠٦ من أسود تكساس الجبلية، وأن الإشارات القصيرة المتكررة الصادرة عن هذه الأنثى تعني على الأغلب أنها قد توقفت عن التحول وبدأت في إعداد عرين لصغارها. مملَّك الحماس الشديد البيولوجي المشرف على برنامج إعادة التوطين - ليس فقط للنتائج المباشرة المنتظرة، وإنما أيضاً للفائدة المحتملة لهذا التقارب البيومعلوماتي بالذات. قال: "ربما لم يكن لأحد حتى أن يفكر في هذا المشروع منذ ستين عشر، أما الآن فإننا نستطيع أن نجتمع ما بين النواحي المحلية

التي تصلنا من العداد وبين الوراثة الجزيئية المفصلة والتاريخ الطبي. أمامنا فرصة أن نعرف حقا شيئا جوهريا، ليس عن ثمر فلوريدا وحده، وإنما أيضا عن العمليات البيولوجية الطبيعية، وعن كيفية تعزيز الأنواع في المستقبل".

بشكل أو بآخر، يستمر تزايد التوجيه البشري والإدارة - الإدارة النشطة كما في الحالة السابقة، أو الإدارة "السلبية" بحماية الأنواع وموطنها. ولإدارة "السلبية" أعمال خاصة، مثل القيام بدوريات الحراسة حول المناطق البرية وفرض القانون داخلها. لكن الأمر لا يتعلق فقط بأنواع الحيوانات على اليابسة، فالثاس يقومون أيضا بإدارة الطيور في الهواء - مثلما الأمر عندما تتفاوض الحكومات بشأن معاهدات دولية لحماية مسارات هجرتها - وإدارة الأسماك في البحار. هناك حرم للحياة الوحشية البحرية على بعد من ساحل كاليفورنيا، كما يجري الجدل على ساحل الاطلنطي بين الصيادين والصيانيين والعلماء والمستولين الحكوميين حول التنبؤ الخطير لمصايد الأسماك القريبة من الشاطئ. ثمة حل من بين الحلول المعروضة - هو صورة أخرى من التوجيه - يقول "بمخصصة" مصايد الأسماك بمنح الحق لآحاد الصيادين في صيد نسبة معينة من المحصول السنوي. وفكرة هذا المدخل - الذي استخدم بالفعل بالنسبة لبعض أنواع الأسماك - هي ما نتوقع من زيادة اهتمام الصياد بالحفاظ على صحة السمكة ككل إذا كانت له فيها حصة معلومة، كلما ازداد السمك ازدادت حصته وارتفع دخله. هذا هو الوجه الحسن. أما الوجه السيء فهو أن تعيين حصص لأناس تتوقف حياتهم عليها هو أمر غاية في الصعوبة، وسيتهي بخروج الكثير من الصيادين من المهنة. يتحول مصير النظم الإيكولوجية الموجودة تحت الماء في ضفيرة معقدة مع ما يحكمها من النظم الاقتصادية والسياسية البشرية.



## البيوتكنولوجيا في البرية

بدأت البيوتكنولوجيا تلعب دوراً في الحياة البرية - بضعة أدوار في الواقع. كانت فاكسينات الحيوان من بين أول المنتجات الطبيعية المرتكزة على الدنا المُطعَّم، وكان الهدف في البداية هو حيوانات المزرعة، لكن البعض منها أثبتت نجاحه في الحيوانات البرية أيضاً. قاومت فرنسا وبلجيكا وباء الكلب بين الثعالب بأن أسقطت من الهواء غذاءً لها مزوداً بالفاكسين. ولقد أصابت هذه التجربة من النجاح ما جعل منظمة الصحة العالمية تلتقط الفكرة وتطبقها - وسرعان ما كانت تسقط من الهواء فاكسينات في الطعام للكلاب البرية في تونس وتركيا وبعض مناطق جنوبي أمريكا. عبّر خبراء الصحة العمومية عن حماسهم الكبير لمثل هذه البرامج، ورأى البعض أنه على الرغم من استحالة التخلص من مرض الكلب من العالم كله، فربما كان في الامكان إزالته من دول بأكملها أو أقاليم كاملة من قارات. جريت استراليا استخدام فيروس مُهندَس وراثياً صُمم لنشر العقم بين عشيرة الأرانب الرهيبة هناك - خطوة أخرى في اتجاه إدارة النظم الإيكولوجية على النطاق الواسع.

## الصورة الأكبر: إدارة النظم الإيكولوجية، حماية القارات

تزايد تحول التأكيد من إدارة العشائر/ إلى إدارة النظم الإيكولوجية، ومن حماية آحاد الأنواع المهددة داخل النظم الإيكولوجية إلى حماية النظم الإيكولوجية المهددة ذاتها. والحق أن ليس ممة تمييز قاطع يمكن وضعه بين إدارة (أو حماية) النظم الإيكولوجية وبين إدارة (أو حماية) الحياة البرية؛ بل الحقيقة هي أن هناك الآن تواصلاً عاماً من تبنيلك الجينات عبر حفظ الحيوانات، إلى إدارة الحياة البرية والنظم الإيكولوجية. ولقد نُفِيتُها في عقولنا وفي بيروقراطيتنا، لكنها جميعاً ليست سوى جوانب من الدور المتعاضم الذي يلعبه البشر في حياة المحيط الحيوي. يدرك البيثيون أهمية النظم الحيوية، وطالما

استخدموا أنواعاً من الكائنات مهددة بجمعها القانون - البومة المنقطة مثلاً - كوسيلة لحفظ نظام إيكولوجي لا يتمتع بمثل هذه الحماية.

ليس هناك في الحق شيء في هذا العالم محتفظ بنقاؤه وبكارتته الأولى - إن تكن بعض المناطق في البرية قد تشبه ذلك، وتُدار بحيث تُجنّب الآثار المدمرة المعروفة للتنمية والتعدين وقطع الأشجار. على أن إبقاء النظام الإيكولوجي في حالته البكر هو دائماً أمر سياسة، وهو دائماً أمر صعب. عندما زرت كوستاريكا منذ سنين، أثر فيّ كثيراً نظام الحدائق الطبيعية القومية المحظورة - وأزعجني في نفس الوقت ما عَلِمْتُه من أن الحكومة تقوم بدوريات حول هذه الحدائق لطرد الفقراء الذين يتهكون حرمتها وينبشون قطعاً من الأرض على جوانب التلال لزراعة الذرة. يهدد الإصلاح الديمقراطي في جنوب أفريقيا السبعة آلاف ميل مربع التي تشغلها حديقة كروجر الطبيعية المحاطة بمستوطنات يقطنها أفقر الناس هناك - البعض منهم يريد أن يرعى حيواناته هناك، والبعض الآخر يطلب على الأقل دوراً في إدارتها. أمكن في بعض الحالات حل هذه المعضلات: فلقد حدث تقدم مثلاً في كوستاريكا بمشاريع "الزراعة الغابية" التي تمكّن السكان المحليين من كسب عيشهم في النظم الإيكولوجية بينما هو يحفظونها تقريباً في حالتها الأصلية. لكن التوتر بين التنمية والصيانة سيظل دائماً مصدراً للمتعاب في إدارة النظم الإيكولوجية.

هناك أيضاً خلافات في طريقة إدارة الحياة البرية حول أفضل الطرق الطبيعية لإدارة الطبيعة. ربما كانت أسخن القضايا - والتلاعب اللفظي غير مقصود - هو موضوع حرائق الغابات. نه الحريق الهائل الذي شب - في يلوستون - صيف ١٩٨٨ الفظيع (سلسلة الحرائق في الواقع) نه الجماهير إلى خلاف هائل بين المشتغلين بإدارة الغابات حول ما إذا كان الأفضل أن يُسمح للحرائق بأن تتقد، أم أن الواجب هو إخمادها. فالاستجابة الطبيعية هي أن يسمح لها أن تتقد، لكن هذا يتعارض مع رؤية أصحاب المنازل في الغابة أو قريباً منها، ومع رؤية من يرون ضرورة وقاية المحميات البرية، ورؤية الرسميين

يريدون بالطبع أن يفعلوا شيئا عندما تشب النار في الغابة. أما مويديو "الحريق الطبيعي" فيقولون إن المطلوب ليس فقط السماح بحدوث الحرائق، وإنما أيضا أن تساعد على إشعالها من آن لآخر لمنع تراكم الحطام الذي يجعل الحريق أكثر خطورة عندما يحدث مصادفة.

يزيد من تعقيد الصعوبات التقنية والسياسية حقيقة أن أي نظام إيكولوجي هو بدوره جزء من نظام أكبر منه. والأراضي الرطبة - التي يُناقش الكونغرس الأمريكي حمايتها عند وضع هذا الكتاب - لا تخدم فقط كمواطن لما بها من أنواع، وإنما أيضا كمحطات توقف ضرورية للطيور المهاجرة. ثم إنها تؤدي أيضا مهاماً بالنسبة للنظم النهرية الأكبر ومناطق سقوط الأمطار المتصلة بها، إذ تنقي المياه من الشوائب وتتحكم في الفيضانات. من بين أهم مناطق الأراضي الرطبة بالولايات المتحدة منطقة المستنقعات بجنوب فلوريدا، تلك التي وُضع لها جدول زمني لساع جبارة لإعادة تزويدها بالمواسير، وهذا أمر قد يستغرق خمسة عشر عاماً أو عشرين ويتكلف نحو بليونين من الدولارات. يعتبر تحديد مواطن الحياة البرية واحداً من أهداف هذا المشروع، لكنه يختص أيضا بإعادة تشجيع الطبقة المائية الجوفية التي هي مصدر المياه للمناطق المدنية الواسعة المتنامية على طول الساحل. ولقد أشعل هذا المشروع نصيبه من الخلافات السياسية، لكن المفهوم عموماً أن له مردوده في حماية البيئة والتنمية المدنية. وإذا نظرنا إلى ما يشمل المشروع - نحو ١٤٠٠٠ كيلو متر مربع - وإلى قربه من مدن ومزارع كبيرة، أدركنا أنه أهم ما دُبر من خطط في إدارة المواطن.

وعلى الرغم من الشعار الذائع القائل إن "الصغير جميل"، فإن الكبير عادة ما يكون أكثر جمالا إذا ما تعلق الأمر بإدارة وحماية المناطق الطبيعية. الطرد الصغير يميل إلى أن يكون أكثر هشاشة وأكثر عرضة للتلف إذا ما تعرض للأنشطة من حوله. كان هذا هو المنطق الذي أدى إلى تأسيس أكبر منطقة برية في العالم، حديقة تاتشينشاين - ألزيك البرية ذات الخمسة وعشرين

مليون فدان بشمال كولومبيا البريطانية. ولقد يجادل البعض بأن أكبر المناطق البرية هي القارة القطبية الجنوبية، التي مُنحت الحماية دولياً في عام ١٩٥٩. بهذه المعاهدة الدولية وافقت كل الدول، التي تدّعي لنفسها حقوقاً على بعض أجزاء القارة، على أن تعلق ادعاءاتها مؤقتاً، وأن تفتح القارة للبحث العلمي - وأن يُحرّم بها أي نشاط عسكري أو اختبارات نووية أو دفن للنفايات النووية.

وواقع الأمر هو أن العالم كله يخضع للإدارة البشرية، بطريقة أو بأخرى. البعض من هذه الإدارة قد يكون أقل صراحة - مثل أثر البشر على الغلاف الجوي. هذه هي الحقيقة الكبرى، والمخيفة لحد ما، التي كشف عنها الجدل حول ارتفاع حرارة جو الكرة الأرضية.

### الصورة الأكبر: جانيا المتحكمة

قُبيل منتصف هذا القرن بدأ الناس - بفضل القبلة الذرية - يتعرفون على فكرة أن شيئاً ما يحدث للعالم كله نتيجة للنشاط البشري، شيئاً أمامه تبدو كل الحروب السابقة مجرد حوادث تافهة. ومعظم من يحيا الآن على سطح الأرض لا يذكرون ما كان قبل ظهور هذا الاحتمال، قبل أن يصبح جزءاً من وعينا: تلك الصور القائمة عن محيط حيوي واحد، عن عالم غير حصين، عن عالم يمكن بسهولة أن يحوره إلى الأبد شيء من صنع البشر. عشنا مع هذا عقوداً، ثم بدأ طيف الهولوكوست النووي يفقد بعضاً من قوته المخيفة، عندما ظهر احتمالاً بنوع آخر من الهولوكوست الكروسي - صورة جديدة عن محيط حيوي واحد، عن عالم غير حصين، عن عالم يمكن بسهولة أن يحوره إلى الأبد شيء من صنع البشر. أبداً لم تكن خمسين عاماً مريحة!

دخل سيناريو تدفئة الأرض إلى الوعي العام نَشِطاً وبسرعة. والواقع أن العالم السويدي سفانتي أرهينوس قد تنبأ لأول مرة، حول مدخل هذا القرن، بأن زيادة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ستؤدي إلى ارتفاع، يصل

إلى تسع درجات، في متوسط درجة الحرارة الكرضية. ولقد تطلب الأمر وقتاً طويلاً - حتى أواخر الثمانينات عندما ضربت موجة حارة وسط الغرب والساحل الشرقي من أمريكا - ليتتش هذا التأمل الغامض منتقماً، ويصبح موضوع جلسات استماع في قاعات مجلس الشيوخ وموضوع مقالات على الصفحات الأولى من الجرائد. رافقت هذه السيناريوهات تنبؤات مروعة عن حر خانق، عن ذوبان القلنسوة الجليدية القطبية، عن ارتفاع مياه المحيطات، عن نُظُم الطقس وقد أصابها السعار. في نفس الوقت كان البيئيون يلفتون أنظار الجمهور إلى نضوب طبقة الأوزون بسبب استخدام الانسان للكولوروفلوروكربونات. نشرت منظمة جرين بيس البيئية بالجراند إعلانات تشغل صفحات كاملة تحذر من أن: "الحياة الطبيعية قد تُعوّق لأجيال. وقد يصبح من الخطر في بعض الحالات أن تخرج من منزلك". عضد سيناريوهات الكارثة الجديدة أناس ذور شأن وقورون. فهذا جورج مينشيل، الشخصية العامة البارزة - وكان آنذ زعيم الأغلبية بمجلس الشيوخ - يكتب قائلا:

سيقدم المناخ المتطرف تشوشاً أرسادياً - يشير أعاصير لم نشهد مثلها قبلاً، قادرة على قتل الملايين؛ موجات من الحر طويلة لم يسبق لها مثيل؛ جفافاً هائلاً قد يدفع أفريقيا بأكملها وشبه القارة الهندية إلى حافة المجاعات الجماعية... وحتى إذا تمكنا اليوم من وقف انبعاثات غازات الصوبة، فسنظل معرضين حتى منتصف القرن القادم إلى زيادة في الحرارة، على طول العالم وعرضه، بمقدارها ٢-٤ درجات فهرنهايت. سيكون الجو آنذ أدفاً مما كان عليه خلال المليون سنة الماضية. فإذا لم يُكبح جماحه، فقد لا يباريه في الدمار المحتمل إلا الحرب النووية .

وكان من المحتتم أن يبدأ رد الفعل. قفز الكتاب المحافظون إلى آلتهم الكاتبة وأسرعوا يطعنوننا: لن يحدث ارتفاع في حرارة الأرض، وحتى ولو حدث فسنستعلم كيف نجبه. ثمة مطبوعات صدرت عن معهد هوفر - المستودع الفكري ذي الميول اليمينية، في ستانفورد - تقول إن التدفئة

الكرضية "هبةً للإنسان وغيره من الحيوانات"، وتشير إلى أن لنا أن نتوقع عدداً من الآثار النافعة بجانب المشاكل. فالمناخ الدافئ سيقفل من تكاليف النقل، لأن الثلج والجليد يعرقلان حركة السيارات والشاحنات، ولأن العواصف تعطل السفر بالطائرات. ولقد تظهر فرص سياحية في أماكن مثل ألاسكا وشمال كندا. سيقفل انقطاع التيار وتُعطل الاتصالات السلكية. سيصبح جنوب غرب الولايات المتحدة أكثر مطراً ومن ثم أفضل للزراعة.

والانحراف في ردود الفعل تجاه قضية تغيّر المناخ أمر واضح جداً، أمر لا يُشجع بالنسبة لمستقبل مجتمع اليوم. معلومات الكرضي. فردود فعل الأفراد على ما يبدو تتوقف على إيديولوجياتهم. فأما وجهة نظر اليمين فقد كانت دائماً أن البيانات ليست مقنعة، وأن التنبؤات بالتدفئة الكرضية ليست دقيقة - أو أنها، إن كانت دقيقة، ليست بالمشكلة على الإطلاق. لا سبب للمعاشرة مع الاقتصاد. وأما وجهة نظر اليسار فهي أن الكارثة ستحل إن لم تكن قد وقعت بالفعل، وأنه على العالم أن يتخذ على الفور عدداً من أشياء، يرددها أهل اليسار دائماً على أية حال، مثل تنظيم الصناعة على نحو أكثر صرامة، والتحول إلى موارد طاقة بديلة. في مؤتمر عن تدفئة العالم عقّده الجمعية الأمريكية لتقدم العلوم سمعتُ أحد المشاركين يقول إن هناك وفرة من الحلول نحوّم باحثة عن مشكلة، وأنها على ما يبدو قد وجدت المشكلة! قرأت في نفس الوقت تقريرا مقالا كتبه أحد الماركسيين غير فيه عن أمله في أن تقوم قضية المناخ "بإنقاذ الاشتراكية". كتب أحد الكتاب مؤخرًا في مجلة "نيتشر" يقول: "في بريطانيا.... اكتشفتُ كلُّ من الجماعات التي تبحث عن الأرباح التجارية أو الأهداف السياسية الخارجية أو السياسات الداخلية، اكتشفتُ استخداماً خاصاً بها لنظرية التدفئة. كانت الفرص التي تتيحها النظرية عند البعض هي ملاحقة جدول أعمال البحث العلمي العالمي، وكانت عند آخرين هي تعزيز القوة البيروقراطية في دوائرهم... كانت الدعوات لسنّ قوانين بيعية تلقى قبول البيروقراطيين اليمينيين... أما السياسيون المحليون فقد رحبوا متبراً

عالمياً يمكنهم منه أن يبدلوا بلاغتهم الخضراء، بعيداً، حتى الآن، عن قضايا المشاكل المحلية".

ورغم ذلك، رغم كل البيانات المتضاربة عن قضايا تغير المناخ ونضوب طبقة الأوزون - بل ورغم الآراء الأكثر تضارباً حول طريقة تفهمها - فثمة حقيقة أكبر تتجلى هي تعود الناس على رؤية العالم في صورة نُظْم. يعتقد معظم الناس الآن فكرة الربط بين استخدام الكلوروفلوروكربونات (ك ف ك) وبين طبقة الأوزون، فكرة الربط بين إنتاج غازات الصوبة ومناخ العالم - وهذا يعني عند الناس طريقة مختلفة وجديدة تماماً لفهم المحيط الحيوي. وعندما نقرأ بالجراند عن مؤتمرات دولية وعقد اتفاقيات -أو إخفاقات في عقدها - حول تغيرات واسعة النطاق في السياسة، عندئذ نستوعب مفهوماً آخر أكثر حتى تطوراً: فكرة أن تقوم الحكومات بدور في حماية الغلاف الجوي ومناخ الكرة الأرضية. بل وتسهم في هذا - لحد محدود - حتى المعارضة المحافظة وذلك بمناقشتها ضرورة القيام بمثل هذا العمل. يكون لموضوع جدلك أحيانا نفس أهمية مَنْ يكسب الجدل.

ربما كان لي أن أقول إننا قد وصلنا بسرعة - إذا تذكرنا أنه لم يحض زمان طويل منذ كان أسلافنا يتحولون في سهل أولدفاي وأجسادهم عارية - وصلنا إلى مرحلة غير فيها النشاط الانساني الغلاف الجوي للأرض. إن ترايد ثاني أكسيد الكربون في الجو أمر موثق جيداً، وكذا أرجحية أن يستمر تزايد. لا تزال عواقب ذلك محسّلة كثير من الشك، لكن الإجماع العلمي يتحرك نحو توقع بزيادة الدفء وارتفاع مستوى ماء البحر. ولقد وصلنا أيضاً إلى النقطة التي أصبحت فيها نظم المعلومات تخبرنا أكثر وأكثر عن هذه التطورات أثناء تكشفها، النقطة التي تحمل فيها نظم الاتصال الأعبار حول العالم، النقطة التي يتناقش عندها الناس حول الاستجابة الحكومية المتوقعة. أمانا الآن قضية الإدارة الإيكولوجية وقد طُرحت على المستوى الكرضي.

في مقالة ظهرت بمجلة "السياسة وعلوم الحياة" قدم بول وابنر تمييزاً مفيداً بين المشاكل الكرضية والمشاكل العالمية. عرّف المشكلة الكرضية بأنها مشكلة "تؤثر فيزيقياً في كل شخص في هذا العالم"، وأعطى لها ثلاثة أمثلة: ظاهرة الصوبة ونضوب الأوزون والانقراض الكرضي للأنواع. في مقابل هذه تكون المشاكل العالمية (مثل الأمن وحقوق الإنسان والجوع) مشاكل "لا تؤثر في كل فرد على سطح الأرض". والواقع أن الكثيرين لا يعيرونها اهتماماً كبيراً، بل وقد لا يعرفون بها أصلاً. وتظهر المشاكل الكرضية الحقيقية إنما يشير، كما يقول، إلى أن "الخبرة البشرية في نهاية القرن العشرين تختلف اختلافاً بيناً عن خبرة الأزمنة السابقة. إن هذا يعني ولوج البشرية إلى العصر الكرضي".

وأنا شخصياً أفضّل أن أسميها قضايا، لا مشاكل، لأن الناس لا يُجمعون بالنسبة لأي من أمثلة وابنر - ظاهرة الصوبة، نضوب الأوزون، انقراض الأنواع - على وجود مشكلة أصلاً: تلك هي المشكلة. لكنها بالتأكيد قضايا كرضية، ومن ثم مقدمات إلى سياسات القرن الحادي والعشرين - سياسات كرضية لعالم يتزايد تشابكه ويتزايد اتباهه لأي إشارة عن اضطراب في نُظُم المحيط الحيوي التي تمدنا بأسباب الحياة.

يسهل أن تحبطك المواقف والغلو لدى أنصار هذه القضايا من كلا الجانبين، لكن من المفيد أن نُقِرَ بأننا قد قطعنا شوطاً طويلاً: لدينا نُظُم معلومات يمكنها أن تقيس الأوزون بأجزاء في البليون، لدينا نُظُم توجيه يمكنها مع التعهدات الدولية أن تستجيب لوقف تصنيع ك ف ك. أما بالنسبة لظاهرة الصوبة، الأكثر تعقيداً، فلدينا نُظُم معلومات يمكنها أن تقيس تزايد (ك ٢٤) وغيره من الغازات في الغلاف الجوي، ولدينا نماذج للمناخ تختبر بها النظريات عن الآثار المحتملة، ولدينا الاجتماعات الدولية مثل مؤتمر مونتريال لخفض ك ف ك، وقمة الأرض في ريو، ومؤتمر برلين لتخفيض انبعاثات غازات الصوبة. لا شك أن عشاق الطبيعة سيفضلون أن يكون القرار في مثل هذه الأمور هو قرار المحكمة الجلييلة لجايا، بينما قد يفضل ذو النزعة التقنية أن



يكون القرار في يد العلماء وآلاتهم وأن يصمت كل من عداهم - لكن مهما يكن من أمر، فليست هذه هي الطريقة التي تجري بها الأمور الآن. لا يمكن أن تفصل النظم البشرية عن أنشطة المحيط الحيوي، إن أهم قرارات إدارة النظم الإيكولوجية - لاسيما الكبريات منها - تدخل في مجال السياسة.

اعتمد على نظم المعلومات الكرضية في بقاء إدارة المحيط الحيوي على جدول الأعمال العمومي. يقوم برنامج حكومة الولايات المتحدة لبحوث التغير الكرضي بتنظيم أعمال إحدى عشرة وكالة فيدرالية مختلفة. من بين هذه: مؤسسة العلوم القومية، النازا، الإدارة القومية لعلوم المحيطات والغلاف الجوي. تغذي عمل الباحثين أقماراً اصطناعية في الفضاء، ومحطات مراقبة على الأرض والمحيطات، وأجهزة مختلفة لأخذ عينات الماء والهواء، ومقادير لا تحصى من البيانات، بجانب الكمبيوترات الحديثة وشبكات الاتصال. تعتبر مجلة "إيرث ووتش" أن هذا "بلا جدال هو أكثر ما ظهر من برامج مراقبة الأرض طموحاً وشمولاً". لكنها تضيف أنه "ليس إلا جزءاً من زمرة دولية من مشاريع مماثلة بالعشرات من الدول الأخرى، من بينها "مطياف خرطنة الأوزون" على ظهر سفينة الفضاء الروسية متيور ٣، والقمر الاصطناعي الأمريكي الفرنسي توبكس - بوزايدون لقياس ارتفاع مستوى سطح البحر بدقة تبلغ سنتيمترين، مكوك فضاء ألماني الصنع (لقياس الأشعة تحت الحمراء بالجو، وما به من الشق الكيميائي الخطير: أيد)، واختبار ياباني أمريكي "لقياس استقطار" نازا، والعشرات الأخرى من أجهزة القياس السرية المعقدة بعشرات الدول، وغاية كاملة من الألفاظ الرمزية". يشير نفس التقرير إلى أن الجزء الأكبر من المشروع كله - والمزمع أن يبدأ عمله عام ١٩٩٨ - هو "نظام مراقبة الأرض" لمؤسسة نازا، وله سلسلة من الأقمار الاصطناعية أطلقت على مدى عشر سنوات لقياس كل شيء، بدءاً من الإيروسولات، وحتى البلاكتون النباتي. لن يُترك شيء دون أن يُرصد.

بدأ في نفس الوقت حديث عن مشكلة كرضية أخرى. احتشدت مجموعة من نحو ١٥٠ فلكيا وباحثا فضائيا في كاليفورنيا عام ١٩٩٥ للنظر في احتمال أن تصطدم الأرض بنجمية أو مذنب. كان القرار النهائي العام هو أن هذا الاحتمال مستبعد، لكن ليس لدرجة أن نهمله باطمئنان. من المحتمل أن يكون مثل هذا الاصطدام قد حدث في الماضي، ومثله بالتأكيد قد حدث منذ سنين معدودة على كوكب المشتري، عندما تحطم مذنب شوميكر - ليفي واندمج إلى جو الكوكب بقوة تعادل بضعة ملايين قنبلة ثرمونوية. جاءت أيضا المعلومات عن كشافين علميين مختلفين - أحدهما عن ماضي كوكب الأرض، والآخر عن وقائع بالأطراف البعيدة من النظام الشمسي - معلومات تثير قلقا جديدا. ناقش المتحدثون في المؤتمر فكرة تحويل الصواريخ البالستية عابرة القارات إلى أسلحة مضادة للنجميات، وزكى تقرير المجموعة إلى الكونغرس أن يجري العمل الآن لتكثيف نظم الكشف باستخدام التلسكوبات والرادار: زيادة جديدة في ربط العالم بالأسلاك، ثم تعزيز آخر لصورة محيط حيوي واحد، عالم غير حصين، عالم يمكن أن يحوره (أو في حالتنا هذه: أن يحمله) إلى الأبد شيء من صنع البشر.

## نظام من أي نوع؟

إذا نظرنا إلى بعض هذه الأمثلة عما يحدث في المحيط الحيوي اليوم، لاحظنا بوضوح أن نظم العالم الإيكولوجية لم تعد تعمل منفصلة عن القوى البشرية - إذا حاول الناس أن يفهموا هذا العالم، تحولوا بالطبيعة إلى مختلف مفاهيم النظم - نظريات النظم العامة لعلماء مثل لودفيج فون بارتالانفي وكنيث بولدينج، سيرانطيقا روبرت وينر وزملائه، نظرية جايا وأفكار النظم الأحدث لنظري التعقيد بمعهد سانتا في.

لكن، أي نوع من النظام يكون هذا الكوكب بكل ما عليه من صور الحياة غير البشرية، وببلايينه من البشر، ومعجمه اليوم معلوماتي الكرضي،

وبمحيطه العقلي الإلكتروني من تكنولوجيات مراقبة الأرض؟ إنه بالتأكيد نظام طبيعي، محيط حيوي حي، كان له وجود طويل ثري قبل أن يوهل نفسه بالسكان. لكنه الآن أيضاً، ومعنى ما، نظام اصطناعي، بنظمه المُدارة وبأنشوطاته الإلكترونية المرتدة. ثم، وفي نفس الوقت الذي يزداد فيه ادراكنا بوحدته - حياته كنظام واحد - ندرك أيضاً التنوع المذهل في نُظُمه الثانوية، والنظم الثانوية للنظم الثانوية. يتضح لنا أيضاً أنه على الرغم من أننا نستطيع أن نطلق اسم "الإدارة" أو "التوجيه" على دور البشر في أعمال هذا النظام، إلا أن هذا الدور ليس نوعاً من التوجيه الميكانيكي، يُخَطِّط فيه كل شيء في دقة، ويُنظَّم ويُوَجَّه. قد يقلقك هذا - إلا إذا رجعت إلى الشواهد على أن النظم من كل حزب تعمل بقواعد تنظيمية ليس بينها الكثير وبين الرسوم البيانية المتقنة التي يبحث عنها البيروقراطيون، بمسقطياتها وخطوطها المستقيمة.

يهتم منظرو التعقيد، خاصةً، بطريقة عمل ما يسمونه "النظم المعقدة القادرة على التكيف" - النظم التي تستطيع أن تكتسب المعلومات عن البيئة، وما تفعله هذه المعلومات بالبيئة، وأن تستغل هذه المعلومات في رسم شيء كالخريطة ثم تقوم بالعمل على أساسها. يمكن للرموسات أن يستجيب لتغذية مرتدة من بيئته، لكنه لا يتعلم ولا يغير سلوكه. ومثله أيضاً يفعل "نظام الخبراء"، الأكثر ذكاءً وتعقيداً، الذي فيه يضخ الخبراء من البشر المعلومات، ليقوم بأداء مهام مذهلة مثل تشخيص الأمراض. وكما أشار موراي جيل - مان الفيزيائي مسبب التشوش داخل معهد سائتا في : إن مثل هذا النظام "لا يتعلم وتزداد معرفته مع تزايد ما يُجرىه من تشخيصات، إنما يمضي يستخدم نفس النموذج الداخلي الذي طوره الخبراء المستشارون". لكنّ هنا معنا من حولنا تعمل نظم معقدة حقيقية قادرة على التكيف. فإذا أردت أمثلة بيولوجية فعندك البشر، والمخاخ، وأجهزة المناعة، والنظم الإيكولوجية والخلايا. وإذا أردت أمثلة ثقافية/ اجتماعية فعندك الأحزاب السياسية،

والأمم، والمجتمعات العلمية. مؤهلة أيضا الإنسانيات الأكثر تقدماً، وبرامج "الحياة الاصطناعية" للكمبيوتر. بكل هذه النظم ملامح مشتركة معينة (كما يقول جون هولاند المنظر التطوري عالم الكمبيوتر):

بدايةً، كل نظام هو شبكة من عديد من "الوكلاء"، كل يختص بعمل خاص: الخلايا في المخ، الأنواع في النظام الإيكولوجي. ينحو التحكم إلى أن يكون موزعاً عبر الشبكة. هذا صحيح حتى بالنسبة للتنظيمات التي يُفترض أنها هيراركية (أسأل رئيس الولايات المتحدة)، وهذا صحيح أيضاً بالنسبة لأي نظام معقد مثل جسدك أنت. إنك لا تستطيع أن تحيا إذا كان عليك أن تعتمد على ذكائنا الجماعي في كل نفس وكل نبضة قلب، وفي مراقبة وتوجيه أعمال كل أعضائك وغددك.

وثانياً: لكل نظام معقد قادر على التكيف مستويات عديدة من التنظيم، لكل مستوى وكلاء يخدمون كأحجار بناء لوكلاء في مستوى أعلى. مجموعة البروتينات والليبيدات وغيرها من المواطنين يصنعون خلية، ومجموعة الخلايا تصنع نسيجاً، ومجموعة الأنسجة تصنع عضواً. ستجد فئات كهذه من نظم ونظم ثانوية في المصانع، وفي النظم الاقتصادية. تقوم النظم المعقدة القادرة على التكيف أيضاً - وهذا هو الأهم - بتغيير الأشياء من حولها، تعدل وتعيد تشكيل هذه القطع استجابةً للمعلومات، بحثاً عن طرق للعمل أكثر كفاءة. وعلى الرغم من أن الأمثلة التي أوردتها عن هذه النظم جاءت في صورة أسماء، إلا أنني أعتقد أننا نكون أقرب إلى روح نظرية التعقيد إذا اعتبرناها أفعالا - ليست أشياء، وإنما أشياء تحدث، أنماط تفاعل، تدفق معلومات.

وثالثاً: إن النظم المعقدة القادرة على التكيف تتوقع المستقبل. قد يصعب أن تتصور البكثيرة مستقبلية، لكن كل كائن حي يعمل بداخل جيناته تنبؤاته التي تركز على التعلم من الخبرات السابقة: أنت تعرف أنك إذا وضعت يدك

في النار فستؤلمك. وهذه التنبؤات تخلق سلوكا في النظام، ثم انها تنقح باستمرار استجابة للحيورات الجديدة.

ورابعا: للنظم المعقدة القدرة على التكيف الكثير من المحارِب، أو، إن شئت، الوظائف التي يقوم الوكلاء داخل النظام دائما بالتكيف لبشغلتها. وكلما شغل وكيل محرابا - كلما بدأ مقاول عملا جديدا، أو كلما وجد حيوان استراتيجية مختلفة للأكل والتكاثر - خلقت محارِب أخرى لطقيليات جديدة ومفترسات وشركاء. النظام يتطور دائما ككل، يخلق فرص عمل جديدة. والأحياء بداخله يبحثون دائما عن عمل. لك بالطبع إذن أن تتوقع أن الكثيرين من الناس ومن المجاميع ستشغلهم قضايا جديدة مثل تغير المناخ الكرضي، وأن بعض رجال القانون سيكتشفون احتمالات هائلة في منتجات جديدة مثل نوربلانت.

ماذا يقول هذا لنا عن التوجيه البشري للمحيط الحيوي؟ الكثير الكثير، على ما أظن. إنه لا يتعلق بأحبال السياسة والنزاعات والسلطة - وهذه مواضيع سأحدث عنها بالتفصيل في الفصلين التاليين - لكنه يذكرنا بأن القرارات البشرية في قضايا الإدارة الإيكولوجية، حتى الكرضي منها، ستتخذ في أماكن متعددة.

ليس من الغريب أن نجد أن الكثيرين ممن يحاولون البعد بعقولهم عن الوضع الكرضي الجديد، أن يجلبهم منجذبين نحو منظرين من أمثال إلينا بريجوجين، الفيزيائي البلجيكي اللامع الذي اقترح استكشافه "التنظيم الذاتي العضوي" بكل ضروب النظم - حية وغير حية - اقترح إمكانية أن يتعاون الناس دون ما وصايا تصلهم من أعلى، من خلال سلسلة كرضية من الأوامر. ومثل هذه الأفكار - إذا نزعنا من سياقها العلمي - تبدو أحيانا كما لو كانت وصفاً بأن تنكيء على نعيم العصر الحديث وتنسى ما تفعله الحكومة

- لكنني أرى أن بها الكثير مما يستحق الاهتمام الجاد، إنها شظايا من نظرة جديدة إلى العالم تحاول أن تتشكل والناس يدركون عالماً جديداً.

ينقص هذه النظرة إلى العالم، حتى الآن، إقرار بالالتحام الكامل للنظم الطبيعية بالنظم البشرية، وبالطرق التي بها يتحول التوجيه البشري لنظم الكرة الأرضية. إن فكرة أننا جزء من الأرض - لا فوقها فقط - هي قوام الكثير من التقاليد الإيكولوجية والروحية. ولقد جاءت فكرة التلاحم مع ابتكاراتنا عن عدد من المفكرين، كما رأينا بالفصل الرابع. لكننا لا نستوعب هذه الأفكار في صميم وغينا. لم تتمكن بعد من طريقة نتحدث بها عن هذا الكوكب وناسه ومنظوماته ونظم الاتصال فيه - هذا الكوكب الذي يتحول جذرياً ويعيد ابتكار ذاته - على أنه الكيان الواحد، الكيان الذي هو بالتأكيد. إننا نفتقر إلى علم لهذا النظام المعقد القادر على التكيف. لا وليست لدينا استعارة تثير الذكريات لمثل هذه الجايا البيونية التي تتطور.

## الفصل الحادي عشر ظلال الخضر المتغيرة

إذا كنت تحب البييين - وهذا أمر واجب - فإن أفضل خدمة يمكن أن تؤديها لهم هي أن تدلّ على رؤوسهم ماءً بارداً.

- جريج استيروك.

ستكون الطبيعة في القرن الحادي والعشرين من صنعنا، القضية هي مدى التعمد في صياغتها، ودرجة الرضا عنها.

- داليل بوتكين .

يقع الكثير مما عاجلناه في الفصل السابق تحت العنوان العام للقضايا البيئية، وإن كنت لا أعرف تماماً إلى أين ستقودنا البيئية في المستقبل. لقد غدا ضعفها كإيديولوجيا وكفلسفة واضحاً الآن تماماً - ومع ذلك يصعب أن نبالغ في الأهمية التاريخية للحركة البيئية الحديثة. لقد كان ظهورها في هذا القرن حادثاً مُعَلِّمٌ في تطور الإنسان، إشارة إلى أن هومو سابينس كان يكتشف العالم ويكتشف نفسه بأسلوب جديد.

على أن الاكتشافات على المستوى العريض للأشياء لا تتم كلها فجأة، وإن كان الزمن اللازم لمثل هذه التحولات المعلوماتية يقصر ويتضاءل. لقد تطلب الأمر زمناً طويلاً - منذ أن اكتشف راسمو الخرائط والملاحون أن العالم كروي - حتى تستقر صورة هذا العالم تماماً في وعي كل الناس على الأرض. والواقع أنني لا أعتقد أن الكثيرين - حتى في الدول الأكثر تقدماً في العلم - قد استوعبوا فكرة الأرض ككوكب إلى أن تمكن رائد الفضاء من تصويرها.

فى ذات الوقت الذى تمت فيه رحلة أبوللو، وربما بالصدفه، بدأت أعداد كبيرة من الناس يكتشفون مدى تأثير الإنسان على العالم - الاكتشاف البيعى .

بدأ هذا الاكتشاف بالفعل فى أواخر القرن التاسع عشر. كان العلامة الأمريكى جورج بيركنز مارش هو عرّاب الإدراك البيئى المعاصر. فى كتابه الهائل الصادر عام ١٨٦٤ تحت عنوان "الانسان والطبيعة، أو، الجغرافيا الفيزيائية كما يحورها الفعل البشرى"، فى هذا الكتاب لخص مارش معظم ما كان يُعرف أيامه عن كيفية تحول العالم بسبب الأنشطة البشرية العادية مثل الزراعة والتعطيب، وإشعال النار، وتحويل المجارى المائية، وتربية الحيوان ونقله. لم يظهر قبل مارش مَنْ جمع هذه الأجزاء سوياً، لم يسبقه من يبيّن فى قوة كيف يغير البشر ( ويدمرون) العالم من حولهم. ولقد كان أثر كتابه هائلاً. كان مارش هو الوحي بالنسبة للحركة الصيانية المبكرة - حركة جون موير وتيدي روزفلت، أسلاف البيئية المعاصرة - التى ازدهرت بالولايات المتحدة وأوروبا فى بدايات العقد الأول من هذا القرن. لقد فعل لخرطنة العالم الذى نحيا به قدر ما فعل داروين أو مندل أو واطسون وكريك.

توارت رسالة مارش، مثلما توارت قبلها رسالة أرهينىوس فى السويد، فى عالم النسيان حتى منتصف القرن العشرين. ثم بدأت الحياة تدب فيها فى العقود الأخيرة. يصعب أن نعرف الأسباب المضبوطة لتقلبات القضايا والأفكار، لكن المؤكد أن لتغيرات تكنولوجيا المعلومات دخلاً كبيراً فى ذلك. تجمعت بيانات أكثر عن الآثار البيئية، وذاعت القضية. أُوْرخ دخولي فى الحركة بصيف ١٩٦٤، عندما استمعت إلى جايلورد نيلسون، سيناتور ويسكونسن، وهو يلقي خطاباً مدهشاً عن تلوث الهواء والماء. كان لفصاحة السيناتور على الأثر الذى كان يرمى إليه بالضبط. فما أن عدت إلى بلدتى حتى التحقت بنادي سيراً - إحدى المنظمات البيئية القليلة نسياً فى ذلك الوقت - وبدأت أكتب المقالات وأنظم اللقاءات وأقود الرحلات إلى البرية.



وبعد بضعة أعوام نشرت كتابا عنوانه "السياسة والبيئة"، أحد الكتب الجامعية الأولى في القضايا البيئية. في ذلك الوقت تقريبا، وبين هيبس الدعايات الإعلامية الكرزوية، جاء "يوم الأرض" الأول، وجاء جيشا من النشاط البيئي الذي لا يزال مستمرا حتى الآن. لقد راقبتُ إذن الحركة البيئية من داخلها ثلاثين عاما ونيف، وأصبح واضحا لدي ثمما أن الحركة تدخل الآن إلى تحول جوهري - على الرغم من أنها لا تزال قوية - تغيير وتنقسم مثل نظام معقد قادر على التكيف، وأنها تحتاج لا تزال إلى أن تمضي في تحولها أبعد وأبعد.

لاحظتُ في السبعينات والثمانينات أن البيئة لم تعد مجرد خلاصة لمعوم الموارد والتلوث والقضاء المفتوح، إنما أصبحت شيئا أكثر من ذلك - رفضاً لفكرة التقدم، رفضاً لنسق الحضارة الغربية بأكمله. نشأت فرق جديدة من المتَمَذِّهين الحضري، يقولون لنا إن تاريخنا كله ليس سوى سلسلة من الأخطاء، مهمة متهورة في الاتجاه الخاطيء يلزم أن يعكسها تصرفُ للإرادة البشرية جديد جبار ثوري. عبّر توماس بيري عن وجهة النظر هذه، في أسلوب معقول نسبيا، بقوله:

إذا كانت الاقتصاديات الصناعية (التي تكاد أن تهلكنا) في حقيقتها هي عبء ثورية هائلة للأرض ولجميع الأحياء برمتها، فإن إنهاء هذا الدمار الصناعي واتخاذ أسلوب حياة أكثر استدامة لابد أن يكونا على نفس المستوى من الضخامة .

يمكن أن نصيغ العصر الصناعي ذاته، كما عرفناه، بأنه مرحلة ذهول تكنولوجي، حالة من الشعور المحوّر، تثبيت ذهني يمكن به وحده أن نفسر كيف وصل بنا الحال إلى أن نخرب هواينا وماعنا وتربتنا، وأن ندمر في قسوة كل نظم حياتنا الأساسية تحت وهم أن هذا "تقدم" .

أما وقد أوشكت هذه الغيبوبة على الزوال، فإن أماننا مهمة أن نقيم أسلوباً للحياة بين الجماعات البيولوجية المعقدة الموجودة على الأرض.

تحمل هذه العبارة فكرتين رئيسيتين من الأفكار البيئية: نقداً للمجتمع الصناعي، وحلماً بمحضارة بشرية مختلفة جذرياً، قادرة على أن تكيف نفسها بسهولة دون تطفل داخل النظام الكروسي قبل البشري للنظم الإيكولوجية. وكلا المفهومين ليمين. لكن تبين أنهما كليهما خلافيان ومثيران للجدل.

قاد الجزء الأول - نقد العصر الصناعي - إلى شيء من إعادة التفكير المثمرة وإعادة الهندسة، لكنه قسّم البيئيين، الذين لم يتفقوا تماماً على أن الحضارة الصناعية حضارة مَرَضِيَّة غير قابلة للشفاء. ولقد تسبب أيضاً في نقد مضاد للبيئية ورد فعل معادٍ.

أما الجزء الثاني - نشدان طريق "للعيش برفق على الكوكب"، كما يقول الشاعر الشعبي - فقد قاد جناحاً من الحركة البيئية إلى عالم موهوم من التفلسف المشوش، قد لا يعود منه أبداً.

ولقد كانت المجتمعات الصناعية بالفعل غزيرة للبيئة، أيا كانت إنجازاتها الإيجابية - المخلفات تصب في المياه، السناج يتصاعد من مداخن المصانع، التحطيم اللامبالي لمواطن الكائنات الحية، الهدر الهائل للطاقة والموارد. أما القضية الكبرى فهي ما إذا كانت مثل هذه المجتمعات نُظْماً قادرة على التكيف يمكنها أن تتعلم وتتغير - وتنظف من خلقها - وما إذا كان سبيل الابتداع التكنولوجي والنمو الاقتصادي لا يتجه نحو تطوير صبور من الصناعة والزراعة أفضل وأنظف. كثيراً ما نجد البيئيين منقسمين بعنف حول مثل هذه الأمور، منقسمين لحد لم تُعَدْ معه البيئة حقاً حركة واحدة - إن كانت كذلك بالفعل يوماً. تنطبق هذه الدلالة بنفس القدر ونفس اللامبالاة على كبار رجال النهضة المحترفين وعلى النشطاء من الفلاحين أصحاب مبدأ "إنما ليس في فنائي الخلفي" - جماعات متباينة تماماً، والخلافات بينها دائمة. وهي

تنطبق أيضا على المتفائلين والمتشائمين، المتطرفين والمحافظين، صائدي الحيوانات والمدافعين عن حقوق الحيوان، وتنطبق كذلك على الممثلين السينمائيين، والمفكرين، ومحبي الطبيعة، والقوضيين، وكارهي البشر، ومخربي البيئة، والداعين لحقوق المرأة البيئيين، والسيكولوجيين البيئيين، والروحانيين البيئيين - إذا أضفنا بضعة من بين ظلال اللون الأخضر العديدة. يجب ألا ننسى هذا، وأن نتجنب أن ننظر إلى هذا الانهمار الهائل من الأفكار والأفعال على أنه حركة مفردة ذات كيان واحد تجري في اتجاه واحد، لا ينطبق دائما النقد الموجّه إلى ظل واحد على الظلال جميعا.

ولقد كان النقد هناك دائما، ويبدو أنه يأتي الآن في قوة تتزايد. معارضة الحركة البيئية مؤكداً ليست أمراً جديداً. فمنذ أن عادت هذه الحركة إلى الظهور نحو عام ١٩٧٠، كان الكثيرون - ومنهم محافظون سياسيون، ورجال صناعة، وتموييون، وقادة عمال، وأصحاب أراض، وفلاحون - كانوا يعارضون أو يمتنعون النشاط الجدد وحديثهم عن النمو الاقتصادي البطيء والقوانين الجديدة والتخطيط المركزي لاستغلال الأرض. ولقد ظهرت مؤخراً كتابات نقدية جديدة مختلفة - مثل كتاب جريج إيستبروك "لحظة فوق الأرض" الذي نُشر عام ١٩٩٥ - صدرت عن أناس لا يضمرون في حقيقة الأمر العداء لأهداف الحركة وقيمها. نعم، أنا أعرف عددا من البيئيين ممن يعتقدون أنك مع أصدقاء مثل إيستبروك لا تحتاج حقا إلى أعداء - لكن، كان هناك سبب لأن يصلر هذا الكتاب في هذا الوقت، ولأن يؤخذ مأخذ الجد. لقد نقدت الحركة البيئية الحضارة الصناعية. ولقد حان الوقت لنقد النقد.

كانت قضية إيستبروك هي أن المجتمعات الصناعية المتقدمة قد أثبتت أنها قادرة تماما على الاستجابة للمشاكل البيئية، أو كما يقول المثل: على أن تنظف "ما فعلته". نقبّس هنا بضعة من حججه الرئيسية:

إن البيئة في الدول الغربية أخذت تغلو أنظف في ذات الفترة التي أفهم فيها الجمهور أنها تزداد تلوثاً.

إن دول العالم الصناعية، التي تعتبر السبب في البلاء، هي معظم المقاييس أنظف من الدول النامية.

أنه يكاد يكون من المؤكد أننا نستطيع أن نتجنب معظم الكوارث التي نخشاهما، مثل انفلات تلوث جو الأرض.

أن كل الاتجاهات التقنية، تقريباً، تنحو إلى آلات جديدة وأساليب إنتاج جديدة أكثر كفاءة، تستخدم موارد أقل، وتنتج نفايات أقل، وتسبب تلوثاً إيكولوجياً أقل، مقارنة بتكنولوجيا الماضي.

اقترح إيستربورك ظلاً جديداً من البيئية، أسماه الواقعية الإيكولوجية، واختتم كتابه بـ "بيان الواقعي" الإيكولوجي". من بين مقترحاته أن الحركة البيئية لا يمكن تقوى إلا "بالتحرر التدريجي من المغالاة"، وبتطوير قدرة أكبر على النقد الذاتي. من المشوق حقاً أن نرى إن كان هذا سيحدث، وما إذا كانت الحركة - أو جزء جوهري منها على الأقل - قادرة على الدخول في ارتباطات أكثر نضجاً. مجتمع اليوم معلومات، أو ربما على اتخاذ دور قيادي فيه. لو أنها فعلت ذلك، فسيكون على جثة الخضر الدكن (المتطرفين) - البيولوجيين أنصار الإقليمية البيولوجية، وأنصار الإيكولوجيا الغويطة، وأصوات للطبيعة أخري كانت فعالة وواضحة في تحديد فلسفة البيئية.

### الجانب الآخر من الوجه الحسن

وحركة الخضر الدكن ليست هي الأخرى بالضبط حركة واحدة - فيها العديد من الخلافات والشقاكات - لكن لها برغم هذه الخلافات الداخلية درجة عالية من الترابط. ولقد اتخذت صورة حركة سياسية في أحزاب الخضر

المختلفة، وصورة حركة روحانية أو لاهوتية داخل الأديان وخارجها (أعلن أسقف كاتربيري منذ سنوات أن "الرب أخضر")، وصورة حركة فلسفية في مدرسة الإيكولوجيا الغويطة وغيرها من المدارس الفكرية، واعتقد أن أقرب وصف دقيق لها هو أنها ثقافة ثانوية، لها مستودعاتها، ومجلات، وكتبها التي لا تخصي، وأسلوبها في الملابس، ومؤتمراتها على شبكة الإنترنت، ومنظوماتها وظلالها الإيكولوجية. وإيدولوجيتها في معظمها هي ما قد نسميه: الصورة العنيفة من نقد العصر الصناعي وقد صُعد إلى اتهام كل الحضارة البشرية والتقدم بأنها ليست سوى هجوم قاتل مستمر على الطبيعة الرقيقة. يقول أحد نشطاء حركة "الأرض" أولاً: "لقد استمرت أعنف الحروب في تاريخ البشرية وأوسعها ما يزيد على خمسة آلاف عام. وهذه الحرب بالطبع هي الحرب ضد الأرض". وحركة الحضر الدكن ملتزمة تماماً بمهمة البحث عن طريقة لسكنى الأرض لا تؤثر عليها تأثيراً جوهرياً، ويميل منظورها إلى تزكية انسحاب كرضي إلى عالم وهمي من خيالات مفكر مديني عن الحياة البسيطة. دعني أذكر باختصار بعض المفاهيم الرئيسية.

**الإقليمية البيولوجية** تقول المقدمة المنطقية للإقليمية البيولوجية إن العالم بطبيعته مقسم إلى أقاليم بيولوجية، وأن على البشر أن يحسوا داخلها - ويستحسن أن يكون ذلك في الريف أو المدن الصغيرة، ليعارسوا الزراعة، ويقللوا من الصناعة والتجارة، على ألا يسافروا خارج إقليمهم البيولوجي إلا للضرورة، وأن يتعرفوا على الفلورا والفونا المحلية. وهذه رؤيا مغرية، رؤيا أسرت قلوب الرومانسيين في أزمان كثيرة وأماكن، لكن عيوبها تبدو واضحة إذا قرأت عن مبادئها في مثل بيان البيوقليميين "القاطنون الأرض" الذي كتبه كهر كباتريك ميل عام ١٩٨٥. من بين نقاط الضعف ذلك القبول غير النقدي لفكرة أنه لو بقي الناس في أقاليمهم البيولوجية لانتالت الحكمة منهم طبيعياً ولأصبح كل شيء على ما يرام:

إن الناس - إذ ثبتنا كل شيء آخر - لا يلوثون ولا يفسدون تلك النظم الطبيعية التي يعتمدون عليها في الحياة والرزق إذا هم رأوا ما يحدث رؤية مباشرة، لا ولا هم سيستنفدون طوعاً مورداً تحت أقدامهم وأمام أعينهم إذا شعروا أنه ثمين، مطلوب، حيوي؛ ولن يقضوا أبداً على الأنواع يرون أهميتها لسلسلة عمل النظام الإيكولوجي. إذا ما نظروا بعيني جايا، وأحسوا إحساس جايا - وهو ما يستطيعونه على مستوى أقليمهم البيولوجي - فلن تكون هناك ضرورة لأن يتزعّموا من اختفاء "الاستجابات الأخلاقية" للعالم من حولهم .

وهذه العقيدة - بأن الحياة قرب الأرض تؤدي حتماً إلى الحكمة الإيكولوجية - عقيدة يرعاها مفكرو المدينة الذين يعطون المنظمات البيئية معظم حقوقها، هذا على الرغم من أن الآثاريين والمؤرخين قد جمعوا تلوّاً من الشواهد على أن الناس كثيراً ما أفسدوا ذات النظم البيئية التي عاشوا بها لفترة طويلة. ثم هناك أيضاً القضية المخرجة: ميل أهل الريف إلى أن يكرهوا البيئتين. وأنا شخصياً لا أجد خطأ في البقاء بمكان واحد ومعرفة جيداً، لكننا نستطيع أن نقدم الحجج المقنعة على أن ما نحتاجه الآن هو وعي إيكولوجي أكثر عالمية، وفهم قوي متطور للمناطق الأخرى وللعالم كله.

ونقطة الضعف الأخرى تتعلق بكيفية تحقيق المجتمع البيواقليمي. والإجابة التي يقدمها سيل هي أن علينا أولاً أن نفوض المدن الكبرى، وأن نقيم الكثير من المدن الصغيرة، كلٌ عاصمة بحزام أخضر، ثم أن نرحّل الجميع، إما إلى واحدة من هذه المدن الصغيرة أو إلى الريف. "وإعادة التوطين هذه ليست صعبة كما قد تتصور إذا أجريت عبر بضعة عقود وتمت بالاحترام الواجب للنظم الطبيعية". وغيوب هذه الرؤيا عديدة لكن أهمها في رأيي هو تجاهلها موضوع السلطة - نعي ماذا نفعل إزاء مواطنين ذوي تفكير خاطيء يرفضون أن يُشحنوا إلى المناطق البيولوجية التي فروا منها وهاجروا إلى المدن. تمثل

مشكلة السلطة صدعاً شائعاً في تفكير الخضر الدُّكُن، ولقد أصبحت أكثر وضوحاً في كتابات الإيكولوجيا الغريطة.

والإيكولوجيا الغريطة حركة أنشأها آرني نيس، ذلك الفيلسوف النرويجي الذي قابلته مرة في بيركلي، بعيداً بعض الشيء عن إقليمه البيولوجي، أثناء تجواله يشرح أفكاره. قال لي إنه يعتقد أنه لا يجب أن يكون بالعلم أكثر من مائة مليون شخص لا تزيد، حتى يمكن لبقية الكائنات الحية أن تستعيد ازدهارها. لا بد أن أعترف بأنني لم أجد هذا مُتفراً طالما كنتُ بين هذه الملايين المائة، لكنني تساءلت عن الطريقة التي يقترحها لتنفيذ ذلك. لم يكن في الحق مستعداً لمناقشة القضية - لا ولا كان، على ما رأيت، مهتماً بها. لاحظت فيما بعد أن تنظيم الأسرة، في أدبيات الإيكولوجيا الغريطة، أمر مفروض على أنه "إيكولوجيا ضحلة".

ثم كان أن اعتنق "الإيكولوجيا الغريطة" اثنان من أساتذة جامعة كاليفورنيا - هما جورج سيسونز و بيل ديفال - فكبا وحاضرا عن الموضوع وأضافا الكثير لإعلاء شأنها كفكرة رئيسية من أفكار الخضر الدكن. ربما لا أوفي الإيكولوجيا الغريطة حقها إذا قمت بتلخيص أهم ما بها، لأنني أعتقد أنها ليست إيكولوجيا وليست غويطة. فباديء ذي بدء يأتي رفضها لمركزية الانسان، رفضها أن تعتبر أن الانسان هو الغرض الأسمى لهذا الكون. لا يجوز أن يقع العالم تحت سيطرة الجنس البشري وحاجاته وخططه، إنما العالم مكان ليحيا فيه البشر في تواضع بين كل الأنواع الأخرى، لا هو أفضل ولا سلطة له أكثر. والنتيجة المنطقية لهذا هي فلسفة "لا تفعل" لكل القضايا البيئية. قدم سيسونز وديفال مثلاً يتعلق بسياسة السماح لمربي الماشية برعي حيواناتهم في الأراضي الفيدرالية. كتبوا "إنَّ حلَّ (لا تفعل) بسيطاً يعني أن يوقف كل الدعم الفيدرالي، وأن يقيّد استخدام الأراضي العامة في الرعي بالحد المطلوب لاستعادة المراعي وضعها الطبيعي، كما قدره الإيكولوجيون المحترفون".

وهذا يبدو معقولاً تماماً، لكن لابد أن نلفت النظر إلى أننا هنا إزاء أعمال للسلطة مرتين. الأولى هي تقييد الاستخدام. لابد أن يفرض بعضهم هذه السياسة، لأن الأغلب ألا يعتل طوعاً مَنْ يعيشون بالإقليم البيولوجي المعنى. والواقع أنه بالنظر إلى ما نعرفه من شعور جايا نحو مربي الماشية، فإن التنفيذ قد يتطلب اللجوء إلى البندقية. أما الثانية فهي أقل وضوحاً إن تكن في الواقع أكثر أهمية، وهي القدرة على الحكم دون معلومات. سيقدر "الإيكولوجيون المحترفون" مقدار الرعي الملائم لاستعادة المراعي وضعها الطبيعي. حسناً - لكن، أي إيكولوجيين محترفين؟ من سيحكم بين الآراء المتضاربة التي ستظهر مؤكداً؟ مَنْ يقرر مَنْ يقرر؟ سيصبح اللافعل بلا شك - وأخشى أن أقول: دون أن يلحظ رجال الإيكولوجيا الغويطة - سيصبح نوعاً آخر من الفعل. ولقد يسفر الأمر في هذه الحالة بالذات عن إدارة جيدة للمرعى، لكنها لن تكون بسيطة ولا سلبية.

للخضّر الدكن الكثير من الجماعات الثانوية، والبعض من هذه أكثر رغبة في ممارسة السلطة، بل وحتى العنف - طالما كان ذلك ضد الناس ودفاعاً عن الطبيعة. يدافع البعض عن التخريب ويمارسونه: بأن يقوموا ليلاً مثلاً بدق مسامير كبيرة في الأشجار لتفسد مناشير قطع الغابات. ثمة كتاب للمرحوم إدوارد آمي عنوانه "جماعة المفتاح الانجليزي"، عن مخربي البيعة، يعتبر شيئاً كالإنجيل في هذه الدوائر. (وأصحاب المفتاح الانجليزي مصطلح شائع يعني من يقومون بالهجوم المباشر على من يفسد البيعة). هناك أيضاً نوع من العنف في الفكر واللغة، كذلك المقالة التي ظهرت بمجلة "الأرض أولاً" التي رحبت بمعرض الإنلنز كترىاق للانفجار السكاني.

وعلى الرغم من أن معظم ييبي الانجاء السائد يرفضون الأرض أولاً والتخريب البيعي، فليس ثمة من شك في أن الفكر الأخضر الداكن كان له أثر جوهري على الحركة ككل. يمكن أن نلاحظ ذلك في رغبة بعض كبريات المنظمات البيعية في أن تحذو حذو جسريري ريفكين في حملته لإغراق



البيوتكنولوجيا في بحر من التفكير الصياني السخيف، وفي حملتها العنيفة ضد اتفاقية التجارة الحرة لشمال أمريكا وغيرها من أمثال هذه الترتيبات الدولية (الآيولاقليمية)، وفي بوماج أحزاب الخضر الأوروبية التي تعلن ولاعها لأفكار الاقليمية البيولوجية والإيكولوجيا الغويطة. يعمل الخضر الدكن كقنادوس إيديولوجي حول رقة الحركة البيئية.

أما أثرها الأوسع فهو أقل وقعا، وهو أصعب في القياس. في كتاب نقدي آخر للبيئية يناصرها (كتاب: أوهام بيئية) توصل الجغرافي مارتن لويس إلى أنه "على الرغم من أن الرؤى المتطرفة قد تمكنت من السيطرة على الكثير من الدوائر البيئية، إلا أن أثرها على الجمهور يوجه عام كان ضئيلا جدا". ولقد يكون هذا صحيحاً لكنني مع ذلك أرى أن علينا أن نأخذ رؤية الخضر الدكن مأخذ الجد لأسباب عديدة - لأنها عامل مؤثر دائم في واحدة من أهم الحركات السياسية في عصرنا هذا؛ لأنها تسهل على معارضي الحماية البيئية المسئولة أن يرفضوا كل البيئيين على أنهم "مهاويس بيئة"؛ ولأنها فشلت تماماً في أن تعالج بأية وسيلة واقعية التحديات التي يواجهها الجنس البشري الآن. فلأنها حولت التكنولوجيا إلى شيطان، فقد غدت غير قادرة على مساعدتنا في فهم الحياة في عالم التكنولوجيا الرفيعة والمعلومات، وباتخاذها المحافظة على التوازن قيمة مقدسة للإيكولوجيات، فقد أخرجت نفسها من السياق فيما يتعلق بتفهم التغير السريع.

## الإيكولوجيات

هناك فجوة واسعة - تتنامى - بين الأفكار الإيكولوجية التي تنفخ الحياة في البيئية الراديكالية وبين الأفكار الإيكولوجية لمعظم الإيكولوجيين المحترفين. ولقد ظهر نموذج جديد في علم الإيكولوجيا: تحول عن الاعتقاد بأن الحركة العادية للطبيعة هي التوازن. قدم هذه الرؤية الجديدة - تغذيها نظرية الشواش وتساندها الشواهد المتجمعة عن كيفية التنافس بين النظم الإيكولوجية

وتعايشها - قدمها علماء من أمثال دانييل بوتكين بجامعة كاليفورنيا في سانت باربره، وهي صورة تختلف تماما عن الصورة الأكثر رومانسية للإيكولوجيا التي لا تزال تتعلق بفكرة أن النظم الإيكولوجية في حالة توافق وثبات حتى أن يقلقها فعل بشري.

أشار بوتكين إلى أن هذا الضرب الأخير من النظريات الإيكولوجية قد عمل كمتن تحتى للكتابات البيئية منذ أيام جورج بيركنز مارش. كتب مارش يقول: "في المناطق من العالم التي لم يطأها بشر، سنجد أن نسبة الأرض إلى الماء ومواقع كل منهما، وأن الترسيب الجوي والبحر، ومتوسط درجات الحرارة، وتوزيع الحياة النباتية والحيوانية، أن كل هذه تخضع للتغير فقط تحت تأثيرات جيولوجية بطيئة الفعل لدرجة يمكن معها أن نعتبر الظروف الجغرافية ثابتة لا تتغير".

وهذه الصورة عن الطبيعة الثابتة تجري عميقا في الكثير من التفكير البيئي: نجدها في جدول أعمال الإقليمية البيولوجية إذ ترى أن يستقر كل شخص ويحيا في سلام داخل دورات الطبيعة السرمدية، نجدها في ازدياد الخضر الدُكن للتقدم والتغير، نجدها في نظريات مثل "نظرية ثبات حال الاقتصاد" لهرمان دالي - الاقتصادى الأثير لدى الحركة البيئية - التي تُقدِّم كطريقة تفكير أكثر "طبيعية". لكن هذه الفكرة نفسها عن الطبيعة - كما كتب بوتكين - هي على خلاف مع أحدث الدراسات عن الطريقة الفعلية لعمل النظم الإيكولوجية :

يعرف العلماء الآن أن هذه الرؤية خاطئة على المستوى المحلي والإقليمي - سواء بالنسبة للنسر الفُحاح وطائر الكُركى الشَّهَّاق، أو بالنسبة للمزرعة وأرض الغابة - نعني، على مستوى العشائر والنظم البيئية. يبدو التغير الآن جوهريا وطبيعيا في المحيط الحيوى على مستويات عدة من الزمان والمكان. تتغير الطبيعة تغيرا أساسيا على كل المقاييس الزمنية. وهذه التغيرات - في

بعض الحالات على الأقل - ضرورة لاستمرار الحياة. لأن الحياة متكيفة لها وتعتمد عليها.

لدينا الآن إذن إيكولوجيتان: إيكولوجيا إيديولوجية تعادل الطبيعة بالثبات، وإيكولوجيا علمية تعادها بالتغير. ويتزايد الفرق بينهما مع انشغال الناس بالصور النشطة من البيئة، مثل التجديد الإيكولوجي.

### قمة التجديد

من زمن ليس بالبعيد كان عددٌ من عشاق المشي من نادي سيرا يقومون برحلة على الأقدام خلال تلال جنوبي إلينوي عندما التقوا مصادفةً بطاقم من الرجال يحرقون غابةً ويزيلونها. طلب المشاعون، وكلهم من خيرة الصيادين، أن يعرفوا ما يجري، اكتشفوا أن حارقي الأشجار هم الآخرين من خيرة الصيادين، إنما من طراز آخر. كانوا يقومون بتجديد بيئي - يصنعون نسخة مطابقة من المساحات الشبيهة بالسافانا الخالية من الأشجار المسماة "بالقاحلات"، التي كانت شائعة ذات يوم بتلك المنطقة قبل أن يبدأ المستوطنون في إطفاء الحرائق الطبيعية واصطياد قطعان الجاموس والثيران والأيائل التي تسببت تغذيتها ودوسها في ألا تصبح المنطقة غابة.

لقد ضل المشاعون طريقهم وولجوا بجمع اليوم معلومات - دون أن يعرفوا. ولجوا أعمالاً إيكولوجية تأتي.

والتجديد الإيكولوجي فن جديد نسبياً وعلم، ينمو بسرعة. يُقيم المهندسون نظماً إيكولوجية "طبيعية" - مستنقعات وغابات وصحاري وبحاري مائية في صورة تقارب الصورة التي كانت عليها منذ فترة من الزمن قبل أن تدمرها أنشطة الإنسان. وهذه النظم الإيكولوجية المجددة، والتي يمكنك أن تجدتها في الكثير من مناطق العالم، ليست بالضبط نفس النظم التي كانت منذ عقود أو قرون مضت - لقد انقرضت بعض الأنواع، ولا زال بها بعض الكائنات

المُسْتَحْبِبة العنيدة التي لا يمكن تجنبها - لكنها إلى الحالة البدائية الأصلية أقرب كثيراً مما قد تجد لو أنك سَوَّرت منطقة وتركبتها لحالها.

وأقدم النظم الإيكولوجية المحددة في العالم هي براري كيرتيس في ويسكونسين، حيث بدأ العمل فيها عام ١٩٣٤ تحت إشراف الإيكولوجي آلدو ليوبولد. شرع الإيكولوجيون في تخليق نموذج من براري الأعشاب الطويلة التي كانت يوماً تحتل ملايين الأفدنة من الأراضي بقلب أمريكا. تولوا أمر حقل ذرة مهجور، وبذلوا الجهد ليعيدوه طبيعياً ثانية. جلبوا إليه أطنانا من تربة البراري، وزرعوا آلاف البذور والشتلات من النباتات المحلية. ومع الوقت، ونحت لإشرافهم الزراعي، تحول حقل الذرة المهجور امتداداً مذهلاً من أعشاب متماوجة طولها ستة أقدام وأزهار برية زاهية.

ثم بدأ غير هؤلاء من المجددين ينشئون براري أكثر مسترشدين بالدروس المستفادة من هذا المشروع الرائد. من بين أكثر هذه البراري إثارة للعجب واحدة تحتل ٦٥٠ فداناً في وسط طوق مُعجَّل البيروتونات بمعمل فيرمي باليُنيوي. كان هذا المشروع هو الأول في أمرين: الأول في استخدام الآلات الزراعية الثقيلة - نفس الآلات التي يستخدمها الناس في تدمير الإيكولوجيا المحلية، والأول في محاولة تحديد الأنواع البرية مع المواطن في نفس الوقت. فبحانب الأعشاب الطويلة والأزهار، أدخلت أيضاً إلى البراري الجديدة عشائر من حشرات وسناجب وأوز بَوَّاق وكُرُكي الرمل.

يمكنك الآن أن تجد مشاريع التجديد فيما تشاء من النظم الإيكولوجية: الغابات والصحاري، وشواطئ البحر والجبال. ولقد مشيت طويلاً في تلال مقاطعة مارين على مقربة من سان فرانسيسكو، حيث يقوم المتطوعون من أهل المنطقة بإعادة بناء منحدرات التلوث المتآكلة، وإعادة بناء الجسداول حتى ترجع أسماك السالمون.

ومع نمو حركة التجديد الإيكولوجي، نجدها تجتمع حصيلتها الخاصة من المهارت والبيانات - نوع آخر من اليوم معلومات - كما تسهم أيضا في إثارة أسئلة جوهرية ومعلقة في نفس الوقت، عمّاذا بالضبط يجب على البيئيين أن يفعلوه (أو ألا يفعلوه) نحو البيئة.

منذ بضع سنين حضرت مؤتمراً عنوانه "تجديد الأرض" - أول تجمع دولي رئيسي لرجال التجديد المحترفين. وصلوا جميعا ليتعارفوا - شأن المحترفين من كل مجال - ويتشابهوا ويتبادلوا المعلومات. كان ثمة ندوات عن التقنيات وسيير، وكان ثمة خطابات رئيسية ألقاها بيئيون عالميون من أمثال دافيد بروور وستيوارت أودال.

كانت على العموم لمةٌ مريحة مبهجة، أحيانا شعور عمّ المشتركين جميعا بأنهم من حزب الملاكمة. لكنك كنت تسمع هنا وهناك كلمة مثبطة، نفمة تشي بالقلق من أن التجديد قد لا يكون حقا في خدمة البيئة. التجديد يجري في كل مكان يفعل عامداً شيئا ما عدوانيا. هو إذن على عكس إيديولوجيا "اللا تفعل"، وما تفترض من أن معنى أن تكون بيئيا هو أن تترك كل شيء في حاله، و/أو أن تحاول أن تغري الناس بالتصرف مثلك. تخوف البعض من أنه لو مضت حكاية التجديد إلى أبعد من هذا، فلن تفعل أكثر من أن تعطي للناس رخصة بأن يحطموا ويلوثوا، طالما كان هناك المجددون يأتون من بعدهم ويصلحون كل شيء. إننا نسمع هذه الهموم الآن بصورة مطردة، هي موضوع دائم معنى يجثم في عالم البيئيين.

بل إن المشكلة تمضي أعمق من تلك التي طفت على السطح في ذلك الاجتماع، لأن الإيكولوجيا الجديدة، واليوم معلومات التي تعلّمها، تشير التساؤل عن المرحلة في تاريخ النظام البيئي التي يلزم أن تتحدّد. والإجابة بسيطة عند معظمنا - وأخشى أن أقول وعند عدد ممن يقومون الآن بالتجديد

ويروجون له. كل ما في الأمر أنك تحدد الطبيعة. أن تجعلها مثلما كانت. لكن تأمل أفكار بوتكين عن البرية على طول التخوم بين مينيوتا وأونتاريو:

أيل الشمال يتسكع هنا... والناس تأتي هنا في كل صيف يجدفون في الزوارق ويمشون ويكتشفون البرية. لكن، ماذا يلتمس الناس في هذه البرية؟ يقدم تاريخ النباتات مفتاحاً لحل اللغز. لقد أعيد بناء هذا التاريخ باستخدام الأنواع الثلاثة من الشواهد: التاريخ المكتوب، الغابات الموجودة، الترسيمات بالبحيرة. تشير الرواسب من حبوب اللقاح في بحيرة السُّحْب داخل هذه المنطقة أن الثلج الأخير قد أعقبته مرحلة تنهدراً غطّطت فيها الأرض بالشجيرات القصيرة، التي تميز الآن أقصى الشمال، بجانب أشنة الرنة وغيرها من الحزازيات والنباتات الدنيا.

استبدلت بالتندرا غابة من التنوب الغضبي، وهذا نوع نجده الآن بالغابات الشمالية حيث يسود مناطق كثيرة من ألاسكا وأونتاريو. ومنذ نحو ٩٢٠٠ سنة استبدلت بغابة التنوب غابة من الصنوبر الأمريكي والصنوبر الأحمر، وهذه أشجار تميز المناطق الأدفاً والأكثر جفافاً. ثم هاجرت إلى هذه الغابة أشجار البتولا والحوار الرومي منذ نحو ٨٣٠٠ سنة، ووصلت شجرة الصنوبر الأبيض منذ نحو ٧٠٠٠ سنة. ثم عادت ثانية أشجار التنوب الغضبي والصنوبر الأمريكي والصنوبر الأبيض، الأمر الذي يعني ازدياد البرودة. ويعني هذا أن تغيراً جوهرياً في نباتات الغابة كان يحدث كل ألف عام، تغيراً يعكس جزئياً تغيرات في المناخ مثلما يعكس عودة بطيئة لأنواع كانت قد دُفِعت إلى الجنوب أثناء العصر الجليدي.

أي من هذه النباتات يمثل الحالة الطبيعية؟ إذا كان الهدف هو أن نعيد هذه المنطقة إلى حالتها الطبيعية، فأيا من هذه الغابات سنختار؟ كلٌّ منها يبدو طبيعياً بنفس القدر، نعتني أن كلا منها قد ساد الصورة نحو ألف عام، وكلٌّ قد شغل المنطقة في زمن لم يكن للبشر فيه أثر أو يكاد.

فإذا ذكرت نفسك بأنه ليس ثمة من تجديد يبلغ درجة الكمال في محاكاة نظام إيكولوجي كان موجوداً في زمن مضى، فإن هذه النقطة الأساسية من الحكمة الإيكولوجية تضع مشروع التجديد الإيكولوجي بأكمله في ضوء جديد. ربما كان من الواجب حتى ألا نسميه تجديداً إيكولوجياً، ربما كان من الواجب أن نسميه البناء الإيكولوجي أو حتى الفن الإيكولوجي. أو ربما كان من الواجب أن نسمي المناطق المجددة "حدائق الفكرة الإيكولوجية". أو، ما رأيك في: الطبيعة المتخيلة؟

والهدف من هذه الملاحظات ليس إلا إثارة التأملات النقدية حول معنى التجديد - تأملات قد تكون بعضاً من إيكولوجيا غويطة أصيلة. وأنا بالتأكيد لا أريد أن أحط من قدر التجديد ذاته، لأنه سيكون - أيا كان اسمه - جزءاً غاية في الأهمية من الطريقة التي ستعامل بها مع المحيط الحيوي في الستين القادمة.

### التفكير على المستوى الكبير

في أواخر الثمانينات وقَّعت مؤسسة لهندسي المناظر في سان فرانسيسكو عقداً مثيراً: تعميل الكويت. كانت هذه أول مرة في التاريخ يُستأجر فيها محترفون لإعادة تشكيل بنية دولة بأكملها. أوقف المشروع فيما بعد عندما قامت جيوش صدام حسين بغزو الكويت، وأخضعته لأفكارها الأكثر بدائية عن التحويل البيئي. ولقد بدأت الحياة تدب في المشروع الآن، وبدأ الناس يقترحون مشاريع أخرى على نفس المقياس الكبير. لا تغطي معظم مشاريع التجديد في الوقت الحالي إلا بضع مئات من الأفدنة على الأكثر، لكن سيغدو ممكناً في القريب أن نفكر في تجديدات إيكولوجية على مقياس - قل مثلاً - كوبا. وكوبا دولة تحطمت معظم غاباتها، دولة كُرست أراضيها تاريخياً لحصول تصديري واحد - هو السكر - يصعب أن يتمكن من منافسة المحاصيل الاصطناعية التي تُطوَّر الآن. ومن المحتمل أن تلعب التقنيات الجديدة

للزراعة الغابائية دوراً في الكثير من مثل هذه المشاريع - الزراعة التي تجمع بين صيانة الغابة وبين ضروب مختلفة من الانتاجية التجارية.

تبدو مثل هذه المشاريع الآن مهية - في مثل الجسارة والنبوغ اللذين بدت بها فكرة الإصلاح الاقتصادي الكبير بعد الحرب العالمية الثانية، حتى بث مشروع مارشال الحياة بنجاح في الاقتصاديات المهترئة لأوروبا. لكنها ستصبح ملمحاً مألوفاً من ملامح مجتمع اليوم معلومات. لن يحل التجديد محل حماية البرية بأكثر مما حلت المعلومات محل الصناعة في اقتصاديات ما بعد التصنيع. إنه يغير الصورة لا أكثر، ويوسع الإمكانيات. ثم إن المحددين يُعَمَّرُونَ بنوك بياناتهم، وشبكاتهم، بمعلومات عن الأدوات والمناهج وفوائد الضروب المختلفة من النباتات.

يجري الآن بالعالم ما شئت من إعادة غرس للغابات ومن إسعاف إيكولوجي. لكن، على الرغم من أن معظم هذه الأعمال أعمال مستولة، إلا أنها ليست جميعاً مما يرقى إلى مستويات المجددين المخلصين. إنها تقود أحياناً إلى المزيد من الهرولة البيولوجية عندما تُزرع مثلاً أشجار سريعة النمو من جنوب أمريكا في مشاريع إعادة غرس الغابات بمناطق تبعد آلاف الأميال عن أقاليمها البيولوجية الطبيعية. ولتجنب النقد ربما استخدم بعض العاملين في الاستصلاح نباتاً قوياً مُسْتَجَلِباً، كأحد الأعشاب الأفريقية، بغرض تثبيت التربة في المراحل الأولى من المشروع على أن يُستبدل به فيما بعد نباتات محلية. ويؤخذ مشروع المستنقعات، الذي ذكرناه في الفصل السابق، على أنه مشروع تجديد، لكن الواضح أن هدفه ليس تحويل منطقة جنوب ووسط فلوريدا إلى الحالة الطبيعية التي كانت عليها قبل الاستيطان - يصعب أن يكون ذلك هو المستهدف بالنسبة لمنطقة تحمل الملايين من البشر وتحمل نباتات وحيوانات من كل صوب وحذب، وبها أكبر منطقة زراعية مقسمة في العالم. إنما الأمر هو مدخل جديد لإدارة المنطقة، مدخل يرمي إلى تصحيح ما حدث في الماضي من أخطاء في الإدارة. يقول المخططون إنه "إدارة



تكيفية"، يعنون أنهم يسلمون بحاجتهم إلى التعلم عن طريق الفعل، وبحتمية الأخطاء على طول الطريق. هذه هي الفلسفة التي ستوجه ما يجري الآن من عمل؛ إنها تختلف كثيراً عن عقلية فيلق المهندسين القديسين وعن عقلية المتأزمين البعيين. إنها جزء مما يلزم أن تكون عليه البيئة.

### ظل إضافي آخر من الخضر: البيئية النشطة

إننا نحيا زماناً من الحركة النائرة، والمدن الهائلة، والانفجار السكاني، والتكنولوجيات المزدهرة المتلاحقة - ومثل هذا الزمان في أمس الحاجة إلى رؤيا قادرة على استثمار الواقع وراغبة في ذلك.

لقد حان الوقت لبيئة جديدة، بيئة يلزم ألا يكون أربابها أقل من غيرهم غيراً على القيم الأصلية لغربنا من الكائنات الحية، أو على منزلة الشعوب المحلية، أو على القدرات المجددة للخلاء الواسع. لابد أن يكونوا أيضاً مستعدين للدخول في معركة ضد أعداء البيئة الغلاظ ممن يودون أن يوقفوا كل حماية للهواء النظيف أو الماء. لكن لابد أن يكونوا أكثر استعداداً لمواجهة ظروف زماننا السريعة التغير، ولاتخاذ دور نشط في تكوين مجتمع كرضي بيومعلوماتي.

تكمّن حماقة عين الحركة المضادة للبيئة في مقاومتها المتأصلة إيديولوجياً لكل الشواهد على أن الجنس البشر والحضارته آثاراً على المحيط الحيوي. وتكمّن حماقة يسار حركة الإقليمية البيولوجية في توقعهم إلى تصوير الحضارة البشرية على أنها شيطان، وإلى الاعتقاد بأن في مقدورنا ومن واجبنا أن نحيا في هذا العالم دون أن نؤثر فيه. أما مهمتنا نحن فهي أن نظلّ نجتمع المعارف عن هذه الآثار وأن نبحث عن نماذج للإدارة والتوجيه معقولة وإنسانية - عن طرق للحياة في هذا العالم نقبل معها عن طيب خاطر قدرة الإنسان على التغير.

والبيئية النشطة لابد أن تكون كرضية، فعالة، موجهة نحو المستقبل لا الماضى، مدعّمة للتطور الاقتصادى، أكثر اهتماما بالتعلم من أخطاء الماضى لا بالولولة على مكابرة من أخطأوا، وقادرة على تفهم التكنولوجيات الحديثة واستخدامها. وهناك الآن دلائل على هذا: يبرز الكثيرون الآن تقدما ملحوظا نحو "بيوتكنولوجيا حضراء" بتطوير مناهج أفضل للزراعة ولإعادة التدوير والتحكم في التلوث. مضت الجمعية الإيكولوجية الأمريكية إلى أبعد مدى في تركية الاستمرار في البحث والتطوير في مجال البيوتكنولوجيا، كما عبر الكثيرون من قادتها عن مساندتهم المتحمسة "لإمكانات البيوتكنولوجيا، لتوفير بدائل موثوقة إيكولوجياً لبعض الممارسات الحالية بالنظم الإيكولوجية".

وعلى الرغم من أن هذا الضرب من البيئية لم يجذب بعد خيال الجماهير، إلا أنه موجود بالفعل ويُمارَس. الكثيرون من الإيكولوجيين العاملين والنشطاء البيئيين يعالجون مشاكل واقعية بطريقة خلاقة حقاً وأكثر عملية ونشاطاً. هم يقومون بهذا بعد أن اتضح أنه مهما كان حبنا لبوكاهونتاس، فإننا لا نعرف كيف نترك الطبيعة وشأنها.

علينا أن نواجه حقيقة أساسية عن مجتمع اليوم معلومات الذي ينمو من حولنا: إن العالم يتحول أكثر (لا أقل) نحو مركزية الإنسان. تتزايد السلطات البشرية والمسؤوليات البشرية مع كل مشروع بحثي، مع كل إضافة إلى بنوك الجينات وقواعد البيانات. إننا نتحرك وفي سرعة نحو محيط حيوي يديره الإنسان. ولقد نسيء إدارته حقاً، ولقد يديره مختلف الناس في مختلف الأماكن بطرق مختلفة - بل ومتعارضة - لكنه لن يُترك لحاله. ستزايد الضغوط على الكثير من النظم الإيكولوجية للعالم مع استمرار التزايد في السكان وتخصّصهم وبراعتهم التكنولوجية. كذا ستزايد قدرة البشرية على تشخيص المشاكل وابتكار الاستجابات. وسيكون ثمة العديد من الاستجابات، وستقدّم بدائل للإدارة. حماية البرية بديل، وبديل كثيراً ما يكون طيباً جداً. لكنه إدارة لا يزال.

كثيرا ما أتجول مشيا على الأقدام في جبال هاي سيرا، عادةً بمنطقة جون موير البرية. إنها أرض عجائب من أصقاع جبلية، وبحيرات صافية، وحقول من الأزهار البرية. مكان هاديء يرتاده الناس للتمتع بالبيئة الوعرة، ومراقبة الشفق الشفوق عند الغسق. يتمددون في أكياس النوم بالليل يتأملون النجوم والأقمار الصناعية. إنها البرية. برية يديرها الانسان. حراس الغاية يصنون الممرات ويسألونك ألا تختصر الطرق. هم في أدب يكتبون لك بطاقة المخالفة إذا خيئت قريبا جدا من إحدى البحيرات. ولقد يفلت زمام دب فينحدر وينقل بالهليوكوبتر إلى منطقة بعيدة. في بعض المناطق البرية (مثل الحديقة القومية في كوستاريكا) تتضمن الإدارة ما بين الحين والحين إجلاء بعض المتطفلين الجوعى الذين يقطعون خلسة مساحات من الأرض يزرعونها. تتضمن الإدارة دائما بدائل واختلافات في الآراء، للإدارة دائما ثمن. الإيكولوجيا سياسة.

ونحن لا نستطيع أن نترك الطبيعة وحالها. من بين أسباب ذلك، وهي عديدة، أن كل شخص منا يظل يلوسها. وحيثما تمضي المعلومات، تتبعها الإدارة. يختبر الناس الماء والزبة والهواء، يحصون الطيور والحيوانات والأزهار - والمعلومات تقود إلى الفعل. لقد أصبحنا وقد تعودنا على قوانين الجودة، جودة الماء وجودة الهواء، وعلى حماية الحياة البرية على المستوى المحلي والإقليمي. وتجميع اليوم معلومات الجديدة يؤدي بسرعة إلى إدارة على مستوى الكرة الأرضية.

## العلم والإيكولوجيا والسياسة والقن

يتسم الجدل حول الإدارة الإيكولوجية بالفوضى، ويصعب على المجادلين أن يتصوروا كيف يحسم الجدل. البعض يتوسل بالعلم، لكن "الحقائق" أبداً لا تكون كاملة - إنما هي دوما محل شك. والبعض يتوسل بالطبيعة، لكنها هي

الأخرى تكتيك مزعزع. يبحث الجميع في جنون عن مبدأ لا إنساني كحكم أخير وسند.

وفي كل الاتجاهات، يقاوم الناس الاعتراف بشيء يجب أن يكون واضحاً - أن هناك بكل الجدل البيئي عنصراً ثقيلاً من الميول الشخصية. فإحساسات الذاتية -والإنسانية- والعواطف والقيم موجودة دائماً. الإيكولوجيا فن مثلما هي علم. الجدل البيئي عادة ما يكون في حقيقة أمره أفكاراً عن الجمال متنافسة. معظمنا يقول إننا نحب خيرة الطبيعة، لكن البعض قد يحب الطبيعة في قاحلات إلينوي وبها أشجار، بينما يحبها غيرهم أكثر دون أشجار. تبتكر الجماعات المختلفة من الناس حججاً (كلها لا إنسمركزية جذيرة بالثناء) تعضد بها البدائل التي يستحسنونها للإدارة.

ومع تحركنا نحو مجتمع بيومعلوماتي، سيدرك الناس حتمية الإدارة وتلازم الجماليات الإنسانية والسياسات الإيكولوجية. وهم إذ يفعلون هذا سيثيرون البعض من الجدل المتع حقاً - سيخلقون بيئات جديدة، مثلما سيخلقون بيئة جديدة - طريقة للتفكير في مثل هذه الأمور تختلف تماماً عن إحساس زماننا هذا المتحول المشوش.

## الفصل الثاني عشر مدرسة بلا حدود

مهما توغلنا في المستقبل، فسيكون هناك دائما أشياء تحدث،  
ومعلومات تُرَدِّد، وعوالم تُستكشف، مجال متسع أبدا للحياة والوعي  
والذاكرة.

- ليرمان دايسون -

ما التطور، إذا أنت تعمقت إلى الجوهر من قلبه وروحه؟ إلام ينصرف؟ لا  
شك أنه ينصرف إلى معايير دارونية قديمة، تكيف وبقاء. وهو ينصرف أيضا  
إلى التغير - مؤكداً ليس فقط التغير التدريجي الذي يفكر الناس فيه أحيانا عند  
التمييز بين التطور والثورة. لكن يبدو أنه يتعلق بالتعلم - اكتساب المعلومات  
واستخدامها ونقلها.

كل ما يحيا منشغل بالتعلم، ومع تكشف العلم الجديد الغريب للحياة  
الاصطناعية يبدو الأمر وكأن تلك الكائنات الإلكترونية الصغيرة داخل  
الكمبيوتر تتعلم هي الآخرى. الأنواع تتعلم بالطريقة الصعبة - من خلال  
الانتخاب الطبيعي. وآحاد الحيوانات تتعلم من جيناتهما، وتتعلم أيضا من  
تجرباتها إبان حياتها. وبشكل عام، يمكن القول إنه كلما ارتفع الحيوان في  
سلم التطور كلما ازداد اعتماده على المعلومات التي يكتسبها من خلال تعلمه  
التجريبي، وكلما قل اعتماده على المعلومات التي يولد بها. التعلم هناك في  
كل مكان، في كل فعل وفي كل حياة. يتعلم البشر كيف التحكم في  
الأمراض عن طريق المضادات الحيوية، وتعلم البكتريا كيف تقاوم المضادات  
الحوية، ويتعلم البشر أن عليهم أن يتعلموا طرقا جديدة لمقاومة المرض. يتعلم

الكمبيوتر، مع البرمجيات الصحيحة، أن يلعب دور شطرنج أفضل. كذا تسمير الأمور في العالم، وفي الكون كله على ما تشير الشواهد. يلخص ريتشارد دوكنز وجهة نظره الخاصة باستعارته الشهيرة عن صانع الساعات الأعمى: التعلم يحدث "وخلاص". يعني دوكنز أن "الانتخاب الطبيعي هو الساعاتي الأعمى، هو أعمى لأنه لا يستطيع أن يرى أمامه، ولا يخطط للتناجح، وليس ثمة هدف يسعى إليه".

### رقصة السلالات الثلاث

عندما أشرت إلى تعلم البكتريا والبشر والآلات، كنت أمزج ما بين ثلاثة أنواع مختلفة من التعلم. ظهرت هذه على مراحل مختلفة أثناء تقدم التطور، وهي تستعمل نظاما مختلفا من المعلومات. أما أولها، وهو نظام التعلم البيولوجي - الذي نشأ في مرحلة بدائية جدا من الحياة على الأرض، وإن كانت مرحلة متقدمة جدا من التطور في الكون - فقد دَفَعَتْ قواعد الانتخاب الطبيعي، وهو يستخدم الجينات في تخزين المعلومات ونقلها. والنظام الثاني هو الثقافي، "الدنا الثقافي" من رموز ولغة، وبه أصبحنا قادرين نظريا على أن نتعلم من أي شخص وعلى أن ننقل المعلومات إلى أي شخص. أما الثالث فهو نظام "خارج جسدي" (أي خارج جسم الانسان) يتألف من الأجهزة، وتضم هذه كل المنتجات المصنوعة - من الرسوم على جُدُر الكهوف إلى الكتب إلى التليفونات إلى النظام الهائل للأقمار الاصطناعية والكابلات والكمبيوترات وبنوك البيانات التي تزدهر الآن على طول الأرض وعرضها - المنتجات التي ليست أجزاء من أجسادنا البيولوجية لكنها تصبح أجزاء متممة لتفكيرنا وتعلمنا واتصالاتنا. تطلق سوزاننا جوناتيليك، من سري لانكا والولايات المتحدة - وهي منظرّة من أجدر منظرّي التطور بالجيل المعاصر - تطلق على هذه النظم الثلاثة اسم "سلالات" - كلمة لطيفة تحمل معنى التزاوج، شيء مستمر إن يكن يتغير مع الزمن كمثل عائلة ملكية.

هناك إذن ثلاثة نظم للمعلومات: وراثي، ثقافي، خارج - جسدي. كلٌّ ينمو عن مرحلة تطورية تسبقه، وكلٌّ - بطريقته - يدفع التقدم العام للنوع. وأحب أن أجعل هذا واضحاً: عندما أتحدث هنا عن المعلومات فإنني استخدم الكلمة كما استعملها بيولوجيو التطور التقليديون - لتعني تعليمات عن طريقة التعامل مع البيئة. وعندما يتحدث بيولوجيو التطور عن التقدم، فهم لا يعنون فقط التقدم في التكيف، وإنما أيضاً التقدم في القدرة على التكيف (التكيفية). والتكيفية تتعلق بالاستجابة للتغير، وهذا ما تفعله الأنواع المختلفة بطرق مختلفة وبدرجات مختلفة من النجاح. وهو ما سافينس مشهور بقدرته على التكيف، والقدرة البشرية على التكيف هي نتاج التطور الثقافي. فأجسادنا في ذاتها ليس لها كل هذه القدرة على التكيف، غرائزك لا تمضي بك بعيداً إذا ما انقطع بك في مناخ مُعادٍ.

والتحولات التطورية التي ناقشناها في فصول سابقة لا تتضمن التعلم فقط، وإنما تعلّم طرق جديدة للتعلم. فما بين الحين والحين - كما حدث في تطور هومو سابينس - تتخذ العملية قفزة إلى مرحلة أخرى، وتبدأ سلالة جديدة، تمضي على طول مسالك جديدة في الاستكشاف والنمو والتعقيد والتكيفية. يسرع بعض التطوريين من أمثال دانييل دينيت، زميل دوكنز، يسرعون يذكروننا بأن هذه ابتكارات يشكلها التطور، ثم يستخدمها في رفع نفسه إلى مستوى جديد، أي دون مساعدة من الخارج. وسواء أكانت أوناشاً أو عوناً من الخارج، فإنك تواجه بالحقيقة الواضحة إن تكن تلبخ العقل، وتلهم، وتفرغ أحياناً - حقيقة أن العملية التطورية تتعلم أحياناً طريقة جديدة للتعلم - وعندما تفعل ذلك، تغير من معدل تغيرها.

لفتت جوناثانيليك النظر إلى شيء غاية في الغرابة والفتنة يتعلق بالسلالات الثلاثة للمعلومات، ذلك أن لكل منها سرعته التطورية الخاصة؛ كل منها أكثر قدرة على التكيف من السلالة التي تسبقه. الثقافة تتغير بسرعة تفوق التغير في جينائنا، والكمبيوتر يتغير الآن أسرع منا. ثمّة شيء آخر يحدث: كل

سلالة جديدة تحول السلالة التي سبقتها وخلقتها. عندما ظهرت الثقافة، تغير التطور البيولوجي للبشر، وعلى الخصوص: محابة ذوي المخاخ الأكبر، ذوي القدرة الأعلى على معالجة الرموز، التي هي مادة الثقافة. ويظهر كل نظام معلوماتي جديد - اللغة، الكتابة، النمط القابل للتحريك - تنتج ثقافة جديدة، أنماط جديدة من التغير الثقافي. تُخلَق شبكات المعلومات / الاتصالات الآن ثقافة كرضية عامة، تُمكن الناس من معالجة الرموز بطرق جديدة وتؤثر في الثقافات المحلية جميعا.

هناك ما هو أكثر: كنا نتحدث عن القفزات الحوالة في تطور البشر، التي نجحت عن بزوغ نظم معلومات جديدة. لكن الواضح أن الانسان لم يكن الوحيد الذي تأثرت مقلداته التطورية عندما ظهرت ملكة الكلام، والكتابة. مضت ثقافة البشر لتضم المعارف عن طرق تربية النبات والحيوان، وعن كيفية تحوير الأرض عن طريق الفلاحة والتعدين وبناء القنوات المائية. ومع التسارع الحالي في نظم المعلومات، جاءت كوكبة من تغيرات جديدة في قواعد التطور البيولوجي للأنواع وفي إيكولوجيا كوكب الأرض ذاته.

ثمّة نقطة أخيرة. إن سلالات المعلومات هذه ليست في الحق منفصلة. هي تظهر في مراحل تطورية مختلفة، ولها خصائصها المميزة التي يمكن تحليلها وقياسها ووصفها - لكننا نجدها في الواقع وقد امتزجت سويا في صورة معقدة وخلاقة. تتلاقى وتتداخل بطرق كثيرة. بدأنا كتابنا هذا باختبار للكيفية التي بها تطور أحد ضروب التعلم الثقافي البشري - الضرب الذي نسميه الآن: البيولوجيا - تطور مع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات. الأدوات الجديدة والتكنولوجيات تحول الثقافة والثقافة تحول علم الوراثة - والعكس بالعكس، التأثيرات الوراثة - كما يقول البيوسوسيولوجيون - تساعد في تشكيل الثقافة. ولقد تمكن الناس عن طريق الثقافة وحدها من أن يصنعوا الأدوات الجديدة والتكنولوجيات، رقصة تطورية ثرية ومعقدة،



ومحاولة اختزالها إلى عنوان بائح مثل "الحمية التكنولوجية" ليست سوى مضیعة للوقت أي مضیعة.

يشمل التطور الآن كل نظم التعلم الثلاثة هذه، ونحن لا نستطيع أن نفهم عن التطور شيئا على الإطلاق - نعي أننا لا نستطيع أن نفهم ما يحدث لنا أو لعالمنا - دون أن تأخذ هذه النظم في الحسبان. وهذا يعني - خصوصا - إدراك أن ثمة انفجاراً في السلالة الثالثة - نظام ما هو خارج الجسد - يغير الآن كل شيء.

وقد يبدو من المقارقات حقاً ألا يكون التطور في جنس الإنسان في الوقت الحالي أمر تغير وراثي، بينما نحن على الأبواب قرن ستسوده التقدمات في علوم الوراثة. إننا لا نزال نولد تقريباً بنفس المخاخ ونفس الأجساد التي كان يولد بها أسلافنا منذ آلاف السنين. لكننا نمضي لنصبح مختلفين تماماً عنهم إذ نستوعب المعلومات الثقافية لزماننا، إذ تغلب مخاخنا وجسومنا مزيلة بابتكارات ما كنا نتخيلها، إذ نصل أنفسنا بروابط جديدة مع شعوب أخرى ومع المحيط الحيوي.

لعل أهم ما يحدث الآن للبشر من تغيرات وراثية هو ما ذكرته في الفصل السابع، الانخفاض الحاد في التربية الداخلية الذي نجم عن زيادة تحرك الناس، ولقد تسبب الهجرات البشرية المائلة التي تحدث في زماننا هذا الكثير من المشاكل الثقافية والسياسية - ومثل هذا التحرك لا يعجب بالتأكيد أصحاب الإقليمية البيولوجية - لكنها من وجهة النظر الوراثة تطوّر صحي: المعادل الواسع النطاق لاستيراد أسد الجبل من تكساس لرفد المستودع الجيني المنهك للنمر الأرقط في فلوريدا. وهناك من الشواهد ما يعضد المخاوف بأن بعض التدهور في المستودع الجيني يأتي عن الأثر التجمعي لكل ما يُجرى لعلاج الأمراض وإنقاذ الحياة. ربما كان الجينوم البشري يتقلب بطرق شتى، لكن لا

يبدو لنا في الأفق أي تغير وراثي جوهري في الحالة البشرية. إن هومو ساينس - لحد علم الدنا - لا يزال هو هومو ساينس.

ربما وقعت تغيرات أخرى في المستودع الجيني البشري إذا أصبح علاج الخطب الجراثومي واقعا علميا (ومقبولا اجتماعيا). لنا أن نتصور أن تنخفض كثيرا بعض العيوب الوراثية، بل وأن تختفي. لكن هذا ليس هو الاتجاه الذي أبحث فيه عن المستقبل القريب للتطور البشري، لأنني لا أتوقع ظهور مخاخ أذكى وأجسام أقوى عن طريق قوة الوراثة السحرية. ربما حدث هذا يوما، لكنه ليس قريبا. أما ما أتوقعه فهو كمبيوترات أذكى، أكثر اندماجا في حياتنا بطرق لا نحصى، ثم زائد أكثر للجسم البشري. والواقع أنني أظن أن الكمبيوترات ستغير بسرعة حتى لتكاد تختفي - أن تفقد المكانة العليا التي تحتلها الآن في مكاتبنا وعلى حِجْرنا وفي محادثاتنا، لتبقى حولنا في كل مكان في صورة أدوات ذكية، ومنازل ذكية، بل وربما ملابس ذكية. يقوم العلماء، بمعمل الميديا بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، بالترويج لمفهوم البودينست (شبكة الجسم) - الجسم البشري، بمعنى ما، يرتدي كمبيوتره ويتصل من خلاله بغيره من الناس أو بتنظيم المعلومات. بهذه الطرق وبغيرها سيتطور الإنسان من خلال سلالات الثقافة والتغير التكنولوجي.

لم يحدث أبدا في نُظْم المعلومات ما يقارن بمثل هذا الانفجار الذي يجري الآن، ولن يستطيع ولا حتى مستقبلي أحمق أن يدعي معرفته بالضبط عما قد يتخذ هذا التقدم من صور. إننا لا نستطيع أن نتنبأ بهذا - لكننا نستطيع باطمئنان أن نتنبأ بأن التقدم سيستمر بعض الوقت، بل ولن يكون من المحذور أن نخاطر بالتخمين بأن معدل تغيره سيستمر في الزيادة. وهو لن ينتج فقط زيدا في عقل الانسان وجسمه، وإنما سينتج أيضا وسائل جديدة لإدارة الأنواع الأخرى والتنظيم الإيكولوجية، بجانب شبكة كرضية للاتصالات أسرع وأكثر إحكاما، وقدرة تتعاظم لدراسة كوكب الأرض ككل وتقييم التغذية المرتدة من نُظْمه المختلفة.

وعلى هذا فإن الإطار لمعالجة التطور الآن هو: أدنى تغير في الطبيعة الوراثية للجنس البشري ككل، وتغير أسّي في نظم المعلومات خارج الجسمية - ثم، بالحث، تغيرات سريعة جدا في الثقافة. سيدفع التغير التكنولوجي حدوث التغير الثقافي، لكنه لن يحدد نتائجه. أما ما يعنيه هذا فهو أن على الناس أن يقوموا بخيارات أكثر.

الثقافة هي الجزء من التطور الأقرب إلى شعورنا - لأن شعورنا ثقافة - وهي أيضا، بشكل ما، الأكثر غموضا. لقد رأينا قدراً لا يصدق من التغير الثقافي في غضون العقود القليلة الماضية، وسنرى أكثر في العقود القادمة. والحق أنني أتوقع أن تشهد الفترة التالية مباشرة، أسرع التغيرات الثقافية التي خيها الإنسان، وأن تُختَر إلى الحد الأقصى قدرتنا على هذا التغير. كثيرا ما يتحدث الناس عن القدر الممكن من التغير الثقافي، لكن ليس ثمة قواعد صارمة تحكم ذلك - أو، إذا وُجد ثمة - فإننا لا نعرفها. ستجلب هذه الفترة تركيزا مستمرا للثقافة، مع اتصالات متزايدة وتحركات، وستجلب تحركات مضادة - الأصولية والتعصب الأقليمي والمذاهب المحافظة والارتجاعية والكثير من الحركات التي تقاوم الاتجاه نحو التكريس.

في هذه الصفحات الأخيرة أود أن أعالج ثلاث فئات من القضايا الثقافية لها أهميتها القصوى مع تحركنا إلى هذا المجتمع الكرضي البيومعلوماتي: الأخلاقيات والعدالة والتوجيه. وأخيرا فسألمس ما أعتقد أنه أهم القضايا الثقافية طرا - أية قصة نحكيها، كيف نتحدث عما نتحدث عنه.

## الأخلاقيات في التطور

من بين الملاحظات المألوفة عن التكنولوجيات المتكاثرة للبيومعلومات أنها تبسط للناس خيارات أخلاقية جديدة. هذا صحيح مئاما، لكن الأمر أكثر من

بمجرد اتخاذ قرارات أخلاقية. إن علينا أيضا أن نقرر: أخلاقيات مَنْ تلك التي سنستخدمها عندما نختار؟

إننا نحيا الآن الحضارة الكراضية لما بعد الحداثة حيث تعدل العقائد والقيم الثابتة للعقائد التقليدية والنظم الاجتماعية والإيديولوجيات في كل اتجاه. أقول إن الحقيقة لم تعد مثلما كانت. فلقد تُقرر أن تجعل حياتك أسهل قيادا وتقلل من مجال الاختيار إلى أبعاد أقل عسرا فتعلن الولاء لنظام عقائدي موطن مثل الكنيسة الكاثوليكية - لكن هذا في حد ذاته خيار آخر. فإذا اتخذت هذا القرار، فعليك أن تتخذ قرارات أخرى فيما إذا كنت ستتمرد بعيدا عن جماهير الكاثوليك أم ستلتزم بالدين، فيما إذا كنت ستمارس الشعائر بأكملها أم ستختار القيم والمبادئ التي تلائمك. يتخذ الكثيرون هذا السبيل الأخير على غير هوى آباء الكنيسة، ليصبحوا من "كاثوليك الكافريا"، كما يُسمون، الذين يتقنون ويختارون من بين التعاليم. لدينا أيضا بروتستانت الكافريا، وماركسيو الكافريا، ومسلمو الكافريا، وكافريا الأمريكان المحافظين.

مهمة الأخلاقيين المعاصرين تختلف إذن عن مهمة السلطة التقليدية، التي كانت - ببساطة - تضع القواعد. غدا من مهامهم إعادة تفسير وإعادة ابتكار النظم القديمة للقيم والمعتقدات ومساعدة الناس في تحسس طريقهم إلى عالم جديد من الحقائق المتعددة المتغيرة أبدا. لم تعد القواعد الأخلاقية القديمة، عند معظمنا، تلائم عصرنا الحالي. هي قد تَوَجَّه، لكن الواقع يقول إن الناس في زماننا يتكرونها الأخلاقيات ويشكلونها ويختارونها ويتفاوضون بشأنها، والمفروض أن يتم التفاوض بشأنها لأن هناك لأية قضية العديد من المواقف المختلفة الممكنة - مداخل أخلاقية مختلفة اختلافا جذريا.

من المفهوم إذن أن يحاول الناس أن يجدوا طريقا مختصرا عبر هذا التشوش بالبحث عن معنى أخلاقي بسيط يبدو واضحا ومقبولا لدى الجميع. والطبيعة

مفتاح من المفاتيح المفضلة - أروع دليل يسهل التمكن منه، وقد يكون الأقل نفعا. أما المشكلة مع هذا المبدأ الأساسي بالذات فهو أننا نعتقد أن له معنى وطيداً عاماً عبر ثقافي، ومن ثم فهو يربحنا من بعض عبء الاختيار. لكنه لا يربحنا: فالأفكار حول ماهية الطبيعة و ماهية السلوك الطبيعي متشعبة بشكل هائل وتختلف باختلاف الثقافة. أوضح الأنثروبولوجيون أن ما يُعتبر عند شعب سلوكاً صحيحاً طبيعياً - مكان غرضي، مثلاً، لرجال قبيلة إلينجوت بشمال القليلين يجزؤون فيه رعوس الأعداء، أو ممارسة الجنس عن طريق الفم بين الذكور من الأطفال والمراهقين في غينيا الجديدة - هو فساد خلقي قبيح عند غيره من الشعوب. وليس من الواضح على الإطلاق إن كان لكل الثقافات حتى مفهوم عن الحضارة يقارن بفهمنا.

فإذا كان ما تعنيه بالطبيعة قطعة من سطح الأرض لم تتأثر على الإطلاق بفعل البشر - فاصرف النظر. ليس ثمة نظام إيكولوجي كهذا، ليس ثمة حيوان، ليس ثمة مكان - ولم يكن ثمة منذ زمن أبعد مما يظن بيل ماك كيين مؤلف كتاب "نهاية الطبيعة". فإذا كانت الطبيعة عندك تعني الكرون، حسناً؛ لكن هذا بالطبع يضمننا نحن وآلاتنا وبالوعاتنا وأكوام الخبث. الكلمة طيبة تماماً وفي المتناول - ليست بأكثر غموضاً من العديد غيرها من مفرداتنا الغامضة - نستعملها عند الحديث عن المناطق البرية، أو عشق الخلاء المفتوح والكائنات الحية، أو ما نفعله دون أعمال الكثير من التفكير. لكنها لا تتصف بالدقة، وليس لها قيمة أيا كانت كدليل تميز به الفعل الصحيح من الخاطيء. إنها أشبه ما تكون باستعمالاتنا الشائع لكلمتي "أبيض" و"أسود" للتمييز بين سلالات البشر - نعتي ألا سبيل إلى اجتنابها وأنها خالية أصلاً من المعنى.

من المفهوم تماماً أن يتعلق بعض الناس بالطبيعة - مثلما يتعلق غيرهم بالموضوعية العلمية أو بالدين - على أمل أن تقدم الطبيعة إرشادات عليا خالدة تهديهم في تعقيدات هذا العصر، وتخدم في إسكات صوت اللاأخلاقين، وتحسم الجدل نهائياً. لكنها لا تلبى هذه الحاجة. ولا يليها

العلم أيضا. لكل فائدته المحدودة، لكنها ليست كافية. ليس منها ما ينقذنا من نعيم هذا الزمان وعذابه.

فإذا كنت تبحث عن بصيرة في الوضع الأخلاقي بزماننا، فلتذهب إلى مكتبة عامة متوسطة الحجم، وستجدها هناك بسهولة. توجه إلى قسم الأخلاقيات، وستجد كتباً لأخلاقيات الجناح الأيمن، وأخلاقيات الجناح الأيسر، وأخلاقيات العصر الجديد، وأخلاقيات العودة إلى الطبيعة، وأخلاقيات المذهب النفعي المهلّل للعلم. يبدو أن البعض من مؤلفي هذه الكتب يريدون الاعتراف صراحة بأنهم يستهدفون جمهوراً محدوداً - ثقافة ثانوية بذاتها - لكن الكثيرين منهم يعتقدون على ما يبدو أنهم يستطيعون التحدث إلى كل شخص وعن كل شخص. ما عليك إلا أن تخطو إلى الخلف خطوة أو خطوتين، ثم تنظر إلى تلك الرفوف ككل، وسترى حقيقة هذا العالم الذي نحيا به: إنه عالم ذو أخلاقيات عديدة.

وهذا الوضع ليس على الإطلاق وضعاً ميؤوساً منه، وإن وحده البعض كذلك. إنما هو عصر حيوية رائع. الإجابات الأخلاقية لا تصلنا من أعلى من عند جايا، وهي لا تأتي مطبوعة عن الكمبيوتر. إنما نجدّها في الديالوج - أو الملتيلوج إن شئت - مع الآخرين. في الديالوج مع تقاليد الماضي ومع المعلومات المتغيرة أبداً. ونحن نعلم ما نبتدعها هكذا، اعتباطياً من لا شيء. إننا نبتدعها بالتعلم وبالعدل عنه - بأن نراجع دورياً معلوماتنا وافتراضاتنا. وعندما نقوم بخياراتنا الأخلاقية - التي كثيراً ما تكون مسألة حياة أو موت - فمن اللازم أن يكون ذلك في تواضع، عارفين أن معلوماتنا ناقصة.

أما أفضل مثال على نوع العملية الأخلاقية التي نحتاج منها الكثير في مجتمع اليوم معلومات، فربما وجدناه في عمل المستشارين الوراثيين الذين يعاونون الناس على اتخاذ القرارات بشأن مواضيع مثل الفرز الوراثي. يقدم المستشار للزبون - عادة زوجين يرغبان في الإنجاب - المعلومات العلمية وتفسر النتائج

والبدائل المتاحة. ثم إنه يشجعهما على أن يتفحصا، وأن يأخذا في الاعتبار ما تقوله تعاليم التقاليد الثقافية أو الدينية التي ينتميان إليها. كما أنه يشجعهما أيضاً على أن يتحدثا سوياً، ومع العائلة، ومع الآخرين ممن واجهوا مشاكل مماثلة. إنها عملية بشرية تجسد حكمة إنسانية معينة، وهي أسمى كثيراً من تلقين تعاليم الإنجيل أو آخر أعمال الإيكولوجيا الغويطة. الجدل الأخلاقي في زماننا إما أن يكون حواراً أو أن يكون لا شيء.

### العدالة في التطور

السياسة كما يعرفها هارولد لاسويل، العالم السياسي الأمريكي العظيم، هي قضية : من يحصل على ماذا ومتى. ربما كان هذا تعريفاً غير رومانسي (وبالطبع غير إنسمركزي) لموضوع بحث أفلاطون ومونتسكييه وماركس، والشغل الشاغل لقيصر ولينكولن وتشرشل، لكنه تعريف ذو معنى، ولقد بدأت أعتقد الآن أن له معنى أكثر من أي وقت مضى - الآن حيث قد يكون للأفعال السياسية تضمينات تطويرية لا تؤثر فقط في الناس وإنما في كل صور الحياة على الأرض.

إن أكثر اقضايا التي تواجهها المجتمعات البشرية اليوم إلحاحاً وتفجراً وحتمية هي قضايا العدالة، وقضايا من يحصل على ماذا ومتى وكيف. قد لا تكون الفجوة الواسعة التي ظهرت بالعالم في الثروة والفرص "مشكلة كرضية" مفردة مقارنة بتهديد تغيرات مناخ الأرض أو انقراض الأنواع - لكنها المشكلة التي قد تعوق حل ما غيرها، لأنها تجعل من يحتاج حطب الوقود لا يستجيب للتحذيرات عن ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو، ولأنها تدفع الجوعى أو الفقراء إلى صيد الحيوانات المهددة والقضاء عليها.

أما أكبر أسئلة عصرنا، السؤال الذي لم يجد إجابته، فهو ما إذا كانت ثورة المعلومات والثورة البيولوجية ستسهمان في سد هذه الفجوة أم في توسيعها. اشتركت في مؤتمرات عديدة ومناقشات حول هذه القضية،

ووجدت الناس ينقسمون إلى فئتين. البعض - المتفائلون بالسييرة - مقتنعون بأن المعلومات والبيوتكنولوجيا لا تعمل بالقواعد القديمة لندرة الموارد، وأنها ستنتشر سريعا حول العالم - لتُقدِّم حُلولا جديدة لمشاكل الفقر والمرض وتخطيم البيئة. والبعض الآخر - المتشائمون - متأكدون بأننا لن نجني سوى توسيع الفجوة، بل وربما أيضا صدعا أكثر عمقا وقبحا مما عرفه العالم عمره - يثب الأغنياء في جذل إلى الأمام يلحجون بمجتمع اليومعلومات، بينما الجماهير غير المستنيرة يخوضون في أوحال بؤس التلوث والازدحام.

إنني متأكد من أن المتشائمين على حق في نقطة واحدة: أن لشورة المعلومات القدرة على أن تجعل الفجوة أكثر وضوحاً وإيلاما وخطراً. نحن في الدول المتقدمة قد لا نفعل الكثير من أجل توفير الغذاء والإسكان والكماء والعمل لشعوب المناطق الأفقر من العالم، أو من أجل تمكينهم من توفير ذلك بأنفسهم - لكنا على ما يبدو مهرة غاية في المهارة في تصدير صور خيالية عن الطريقة التي يحيا بها الأغنياء الشُّباعى - مؤطرة أحيانا في تمثيلات تليفزيونية وسينمائية.

يبدو أن هناك الآن ضروبا أخرى لانتشار المعلومات أكثر تعقيدا. بدأ الناس الآن في كل مكان يدركون أن بالعالم أنواعاً مختلفة من الموارد - منها موارد كالجينات والبيانات البيولوجية لم تكن موجودة عمليا حتى عهد قريب جدا - وأن هذه الموارد قد تكون لها قيمة حياة أو موت حقيقية. وقضايا اليومعلومات معقدة، لكن بعض الأساسيات قد تكون سهلة الاستيعاب. من يعلم يعيش حياة أطول وأكثر صحة. المزارع الذي يعلم ينتج غذاء أكثر وأفضل. المجتمعات التي تعلم تدير بيعاتها بصورة أفضل. الشركات التي تعلم تكسب أكثر. ربما كان ما يلي صعب الاستيعاب وإن كان الناس يكشفونه الآن: فكلما "يعلم" التي كررناها هنا لا تعني فقط الحصول على المعلومات، إنما تعني أيضا معرفة طريقة استخدامها - ثم معرفة كيفية مواصلة التعلم، وهذا هو الأهم.



وما يحدث من ظلم معلوماتي في العالم ليس بالضبط فجوة ما بين الشمال والجنوب، لأن ما يسمى مجتمعات البحوث والتطوير "المتحولة الحرجة" قد ازدهرت بالفعل في مناطق غير متوقعة - أو إذا أردنا اللقطة، ازدهرت دون إشارة إلى المكان على الإطلاق، وإنما هي تتشكل في صورة شبكات لا جغرافية. لكن، وعلى الرغم من أن الصورة الجغرافية تبدو أكثر عتامة، فلا يزال واضحاً في الوقت الحالي أن فوائده عصر المعلومات تتدفق بصورة أكثر غزارة إلى حياة شعوب الدول المتقدمة.

هل من الممكن أن نعالج هذا بعملية هائلة تنقل فيها الموارد الجديدة إلى اقتصاديات الدول النامية؟ هذا ما يراه جان - جاك سيرفان - شراير (أحد تشطاء التنمية الدولية، والمدير السابق للمركز العالمي للمعلوماتية والموارد البشرية)؛ لقد نادى بحملة عالمية لنقل المعلومات لمساعدة شعوب العالم الثالث على تحسين الزراعة والرعاية الصحية لديهم، وعلى تطوير صناعات مستدامة، وعلى التقدم نحو عضوية اقتصاد كروسي للمعلومات / الخدمات.

لكن هناك، لأسباب متعددة، من لا يتحمس كثيراً لهذه الفكرة. يتشغل اليمين السياسي بمقدار ما يُنقل ويضر بمصالح التجارة والصناعة التي تتعامل في التكنولوجيا الرفيعة والمعلومات، والتي استثمرت كثيراً في البحث والتطوير ولها الحق في عائد. أما أهل اليسار فتقلقهم الكيفية التي بما يمزقون البنى الثقافية والاجتماعية لدى من يُفترض أن يكونوا المتفعين. والبعض يرى أن مثل هذا النقل مستحيل لأن المؤسسات التعليمية والعلمية بالعالم الثالث ليست ملائمة. وهناك من يظن أن لثورة المعلومات والثورة البيولوجية من الزخم ما يكفي لأن تجرى عملية النقل شئنا أم أبينا.

سنجد فيما دار من جدل حول مستقبل إنترلوكين-١٢ (إل-١٢) - ذلك العقار الفائق المحتمل - سنجد المثال الجيد على من يحصل في الواقع على ماذا ومتى وكيف، وذلك في صناعة يحركها الطلب. يبدو أن للعقار إل-١٢

استعمالات ضد مجال واسع مدّش من الأمراض - من السرطان إلى الإيدز إلى عذابات العالم الثالث كالمalaria وداء الليشمانيات. تُجرى الآن الاختبارات ضد الكثير من الأمراض، والنتائج في المراحل الأولى مشجعة، لكن ممثلي الشركات الحاملة لبراءة إل-١٢ قد انقلبت مذعورة من احتمال أن يُفرض عليها أن تطوّر أولاً منتجاً لدول العالم الثالث. كتب أحد محرري مجلة "ساينس" في تغطيته ندوة عن إل-١٢ عقدتها المعاهد القومية للصحة، كتب يقول إن يمثل إحدى الشركات المعنية (شركة مجمع الوراثة) قد حذر من أن نجاح إل-١٢، في هذا الوقت، ضد الليشمانيات مثلاً سيكون "كارثة" بالنسبة للشركة، إذ ستورط لتصعيد تصنيع يتكلف ملايين الدولارات، ثم ينتهي الأمر بتوزيع العقار عن طريق منظمة الصحة العالمية، التي ستقوم بطرحه بالجمان تقريباً، وترك الشركة للشتحمل تكاليف هائلة دون أن يصلها من الدخل إلا القليل، إن وصل شيء من أصله.

يصعب أن نتوقع من شركات تعتمد على ما يغذيها من رأسمال - من شركات كثيراً ما تقضي السنين تنفق ملايين الدولارات على البحوث قبل أن تصل إلى منتج رائج - يصعب أن نتوقع منها ألا تهتم بأن تقدم بعض الربح للمستثمرين. لكن حافز الربح سيقود لا محالة إلى توجيه بحوث أكثر نحو تطوير منتجات لمن يمتلك الثمن. يحدث أحياناً أن يصبح المنتج بعد فترة أكثر إتاحة فينخفض السعر، لكن خلال هذه الفترة الفاصلة يموت الكثيرون ويعاني الكثيرون. تتضمن محاولات سد الفجوة بحوثاً تدعمها منظمات دولية مثل اليونيسكو، أو وكالات التنمية في الدول المختلفة، ومنظمات التمويل الخاصة مثل مؤسسة روكيفلر. تستحق هذه جميعاً عناية ودعمًا عمومياً أكبر مما تحصل عليه.

والتنمية المتواصلة - أكثر الشعارات رواجاً في أيامنا هذه - هي طريقة للتحديث عن قضية العدالة، وكل ما يوجّه إليها من نقد يتركز أساساً في نوع العدالة التي يلزم أن نهتم به. يهتم رجال التنمية المتواصلة، أكثر، بالعدالة بين

الأجيال - يحرصون على ألا نستهلك الموارد التي قد يحتاجها الناس في المستقبل. لكن ويلفريد بيكرمان، الاقتصادي البريطاني، كتب في نشرة مطوية حديثة أخرى معارضة للبيثيين - تحت عنوان "الصغير غني" - كتب يدفع بأن حركة التنمية المتواصلة كلها لا تفعل أكثر من أن تضع حاجات الأجيال القادمة (التي لا نعرف عنها شيئاً) فوق ثروة من يحمون الآن وخيرهم. يجادل بالقول إن ما علينا أن نفعله هو البحث عن طرق لتحسين توزيع الموارد بين سكان العالم الحاليين.

وكلا الطرفين للتفكير حول العدالة - القلق بشأن أجيال المستقبل، والقلق بشأن الفجوات الحالية بين من يملكون ومن لا يملكون - كلاهما يزدهر في مجتمع المعلومات، وكلاهما ينشأ بصورة لابتدئية عن تكريس أجهزة الاعلام. يجلب عصر المعلومات انفساحاً في الآفاق فجائياً غليظاً مروعاً. يتحول الغني المحظوظ إلى جهاز تلفزيونه ليشاهد المجاعة في الصومال. في نفس الوقت تصل الرسالة إلى الجوعى في الصومال، في صورة حية على الأغلب، بأن هناك الكثيرين في بقية أنحاء العالم يجلسون في المطاعم لا يقلقهم إلا نوع النبيذ الذي سيطلبونه. يبذل نشطاء حقوق الحيوان كل جهدهم حتى نحس بالآلام الكائنات الأخرى. سيناريوهات الكارثة الكارثية تذكرنا بالمستقبل وئملونا بالشعور بالإثم لما نفعله لذريتنا. يبسط المنظر السياسي الذي نحيا به، في كل الاتجاهات، يمتد في المكان، بل وحتى في الزمان.

## نحو إيكولوجية التوجيه

ستصبح معظم القضايا التطورية العلمية في عصرنا قضايا توجيه، إن عاجلاً وإن آجلاً - كل القضايا حول أشياء مثل العلاج الوراثي، نقل الأعضاء، الحيوانات عبر الجينية، البيوتكنولوجيا، بنوك الجينات، إدارة النظم الإيكولوجية، التنمية المتواصلة. وهذا أمر يصعب فهمه، لأن الكثيرين ممن يفكرون في ثورة المعلومات لا يأخذون هذا الموضوع مأخذ الجد. هم على ما

يبدو يأخذون المألوف من المؤسسات والقضايا السياسية على أنها من الغريب المستملح. وعلى سبيل المثال كان "انفلات زمام التحكم" هو العنوان الذي أعطاه كيفين كيلى لكتابه المثير حول ثورة المعلومات. لقد اختتم كتابه هذا بقوله إن التوجيه لن يكون إلا في صورة تحكم من تحت إلى فوق:

إذا ما كان كل شيء متصلاً بكل شيء آخر في شبكة متفرعة ، حدث كل شيء في وقت واحد. وإذا ما حدث كل شيء في وقت واحد، أخذت المشاكل الرحيبة السريعة الحركة تدور ببساطة حول أي سلطة. وعلى هذا فلا بد أن ينشأ التوجيه عن أكثر الأفعال المتوافقة تواضعاً - الأفعال التي تتم محلياً في توازن - وليس عن أي تحكم مركزي. السوق قد يقودون أنفسهم، وفي منطقة التغيير السريع المائل المتباين، ليس مَنْ يقود سوى السوق. كي تحصل على شيء من لا شيء، لابد أن يكون التحكم في القاع طيَّ البساطة.

هنا أماناً ثانية مفهوم التنظيم الذاتي، وأنا أعتقد - كما ذكرت بمواضع مختلفة من هذا الكتاب - أن هذا المفهوم لابد أن يؤخذ مأخذ الجد لموازنة الأفكار الأكثر تقليدية عن الهيراركية والتحكم من فوق إلى تحت. فكل ما هو معقد، كعالم اليوم، لن يُتحكَّم من موقع قيادة مركزي مثل الموقع الذي رأيته في مشروع "بيوسفير ٢" (تبيين في النهاية أن هذا لم يصلح أيضاً لبيوسفير - ٢). لكن الوضع الكرضي ببساطة ليس وضعاً يُصنع فيه القرار بشكل عفوي من تحت إلى فوق. ومع تنظيم العالم لذاته في حضارة كرضية ذات مسئوليات توجيه تنامي وتغطي المجال الحيوي نفسه، فإن العالم يُمرِّكز ولا يُمرِّكز في آن. يتلاقى ويفترق في ذات الوقت.

أما عن كل ما يجري من حديث حول تصغير دور الحكومات ونظم الحكم الذاتي، فربما كان هناك اليوم في العالم من التوجيه الرسمي والسياسي أكثر مما كان قبلاً. هناك قوة مركزية، هناك سلطة، هناك هيراركية. هناك، باديء ذي بدء، دول قومية أكثر. لم تعد هذه الدول البلاد الحصينة ذات

السيادة مثلما كانت (أو التي ظنت يوماً أنها كانت)، لكنها لا تزال تقوم بنصيب كبير من الحكم. هي تسن القوانين وتفرضها، وتجمع الضرائب، وتبني الجيوش، وتنظم التجارة. وهي تصنع المنظمات الدولية وتستخدمها - مثل منظمة الأمم المتحدة ومنظمة التجارة العالمية. وهي أيضاً تصنع ما شئت من "نظم" دولية من خلال آليات مثل معاهدة قانون البحار. لا تزال الدول القومية حية وفي صحة جيدة، لا يهددها خطر أن تتلاشى كما تصور البعض من المستقبلين المتشائمين.

لكنها لا تحتكر التوجيه. التزوي وصناعة القرار بل وحتى وضع السياسة: كل هذه تمر بمستويات عديدة، في الكثير من الأماكن، ويشترك فيها ما شئت من مشتركين. لقد غدا واضحاً منذ عقود أن الشركات عابرة القوميات تنافس الدول القومية كمؤسسات حاكمة. دُهِل مراقبو السياسة الكروية مؤخراً من النمو الهائل للمنظمات غير الحكومية (م غ ح) المهتمة بأمور كالتلوث وحقوق الإنسان وقضايا المرأة - غو في العدد، غو في الحجم، غو في النفوذ. مر زمان كانت فيه المؤتمرات الدولية جموعاً من السياسيين والدبلوماسيين، أما الآن فإنها تنجح لكي تصبح كاجتماعات مجلس المدينة، إنما كرضيا - لمة من النشاط ذوي الاهتمامات العامة مع غيرهم من الممثلين غير الحكوميين. ذكر لي أحد مسؤولي الأمم المتحدة أن أكثر من ١٢٠٠ م غ ح قد شهدت مؤتمر القاهرة للسكان. هذا هو عدد المنظمات، لكن معظمها قد مثله عدد من الأفراد. تنخرط م غ ح كثيراً في صناعة السياسة على كل مستويات التوجيه - وهي في الأغلب لا تؤثر فقط، إنما تكون لها سلطة. بل إن للمنظمات غير الحكومية المحلية في بعض الدول النامية أهمية أكثر من الحكومات المحلية. وقد يكون ممة توجيه في هذه الحالة الأخيرة من تحت إلى فوق، لكن التطبيق يتم على الأغلب بتمويل من فوق إلى تحت من مؤسسات كالكنايس ورجال الأعمال - والحكومات. في قمة كورنهامجن سنة ١٩٩٥ أعلن آل جور نائب الرئيس الأمريكي أن إدارة الرئيس كليتتون ستبدأ في

توجيه نحو نصف مساعداتها الخارجية عن طريق المنظمات الخاصة - يعني م غ ح - لا من خلال الحكومات.

ثم هناك مؤسسات أخرى يمكن أن توصف حقاً بأنها شبكات - ليس لها برلمانات، ولا دساتير، ولا حتى قادة بالمعنى التقليدي، ولكنها رغم ذلك أجزاء من نظام توجيه كرضي. ولعل أفضل مثال هو سوق العملة الدولي، الذي يتعامل في كل يوم حول العالم بما قيمته ترليون دولار - لم ينشأ هذا النظام الإلكتروني الكرضي المائل ليؤثر في السياسة، وإنما للشراء والبيع - لكنه أصبح قوة فعلية تسهم في تحديد قيمة العملات. والواقع أن الحكومات لا تسيطر سيطرة كاملة على عملاتها، لا هي ولا أي منظمة دولية رسمية أو أي اتحاد بين الدول. وكما قالها والتر ريمستون في كتابه "غروب السلطة":

تقيّم الحكومات كلها الآن بمقياس المعلومات مثلما كانت قبلاً تقيّم بمقياس الذهب :

الأسواق آلات تصويت تعمل عن طريق الاستفتاء . تحلّد الآن أسعار العملات في سوق مال العالم الجديد باستفتاء عام مستمر بين الآلاف من تجار العملة، في معات من غرف التجارة حول الكرة الأرضية، كلها متصلة مع بعضها بشبكة إلكترونية هائلة توفر لكل تاجر سيلاً فوراً إلى المعلومات عن أي عامل قد يؤثر في السعر. وهذا الاستفتاء المستمر يجعل مهمة البنوك المركزية والحكومات أصعب في التأثير على سعر العملات.

وكل ضروب نظم المعلومات هي الآن أجزاء من نظام توجيه كرضي. تتقلّ ميديا الأنباء الكرضية أكثر بكثير من الأنباء المحلية، فهي تأتي بوقائع من أقصى العالم إلى حجرات الجلوس في مازلنا ، وهي تخلّق الأوغاد والأبطال ، وهي تتدخل في تحديد ما نهتم به من قضايا وما نهمله. ثمة دراسة عن الدور المتعاظم "لحوادث الميديا" يُعَمِّىء ثلاثة أنواع من الحوادث - المباريات ، والفتوحات ، والتويجات - كلها "مخطوطة" للاستهلاك العام : والكثير من

هذه قد أصبح الآن وقائع كرضية . أما تغيير الدراسة بالمهاريات فهي وقائع مثل الألعاب الأولمبية . وأما فئة الفتوحات فتضم الوقائع البطولية ، مثل واقعة المشي على سطح القمر لأول مرة ، ومثل المعارك الحقيقية في حرب العراق . أما التحويلات فهي الاحتفالات المشهورة ، مثل حفل زواج الأمير تشارلس في إنجلترا ، وهي واقعة حظيت بأكبر عدد من المشاهدين في التاريخ . أما الأنواع الأخرى من الحوادث - الكوارث الطبيعية ، الأعمال الإرهابية ، الجرائم البشعة ، الفضائح السياسية - فهي تنفجر في بيئتها المحلية وتصبح لفترة من الوقت شأن كل الناس . وهذه الوقائع بمعنى ما من صنع الثقافة الكرضية . وهي تشكل أيضا مسرح السياسة الكرضية . لم تعد توقعات النجاح متألفة هذه الأيام بالنسبة لقائد سياسي لا يعيل إلى التمثيل على هذا المسرح - أو إلى الإخراج وكتابة التمثيليات .

أما الأجزاء من نظام المعلومات الكرضي الذي لا يوليه علماء السياسة إلا قليل الاعتبار فهي تلك التي اعتقد أننا سندرك أنها الأعم - شبكات اليوم معلومات المتنامية المتزايدة التشابك للمستشعرات عن بعد ، والباحثات ، وبنوك البيانات ، وبنوك المعلومات ، ومراقبات المحيطات والهواء واليابسة وعشائر الحيوانات . ستقوم هذه ، في تحضير جدول أعمال القرن الحادي والعشرين ، بدور أكبر من دور كل ما يحرك السياسة العالمية ويهزها من عوامل أكثر تقليدية - لأنها حقا نظم تعليم ، وستظل تدفعنا إلى إدراك أكبر بأن التوجيه البشري لا ينفصل عن حياة المحيط الحيوي .

وأما مصطلح "النظام العالمي الجديد" فلم يعد يحمل الكثير من المعنى - لاسيما بعد أن فشلت المؤسسات الدولية في إقامة ما يقتضيه المصطلح من سلام عالمي في عصر ما بعد الحرب الباردة - لكن هناك نظاما للتوجيه دوليا جديدا ينشأ الآن . وهو لن ينشأ بإجراء واحد مفرد كما أنشئت منظمة الأمم المتحدة منذ نصف قرن - تبدو رؤيا التنظيم الذاتي ملائمة هنا - وإنما بالعديد من إجراءات متشابهة . يتضمن النظام : الدول القومية ، المنظمات

الدولية الرسمية، الأعمال متعددة الجنسية، المنظمات غير الحكومية من كل ضرب، الشبكات كممثل سوق العملة العالمي، الميديا الكرضيية للأنباء والتسلية، والمحيط العقلي الكبير من شبكات البيومعلومات الذي يطوق العالم.

قام معهد ميريديان الأمريكي الكندي في السنين الأخيرة، بالاشتراك مع منظمات أخرى ذات علاقة، قام برعاية بضعة مؤتمرات عن موضوع "التوجيه الكرضي"، جُمع فيها أناس من فروع مختلفة من المعرفة واتجاهات، في محاولة لفهمه. قد أَمَج تفكيرنا بالتدرّيج حول الاقتراح القائل بوجود ثلاث رؤى مختلفة متنافسة لما يحدث ولما يلزم أن يحدث. أما الأولى فهي رؤيا التمركز حول الدولة لعالم تحكمه - مثلما كان الحكم في القرن الماضي - دول قومية ذات سيادة باسم المصلحة القومية، تُحكّم بالقانون والمعاهدات وسياسة السلطة. وكتاب "دبلوماسية" هنري كيسنجر وزير الخارجية الأمريكية الأسبق يعتبر التعبير الفصيح عن هذه النظرة العالمية. والثانية هي رؤيا التمركز حول العالم لتكوين حكومة رئيسية رفيعة، إما بتوسيع الأمم المتحدة، أو - كما يفضل فيدراليو العالم - بوضع دستور كرضي وتأسيس نظام جديد من لا شيء. أما الأخيرة فهي رؤيا التمركز المتعدد لمنظمات متعددة من أنواع متعددة، تتراكب وتتداخل، تتخذ فيها القرارات في أماكن عديدة. أطلق مختلف المشتركين على هذا النظام أسماء مختلفة. أطلق جيمس روزينا عالم السياسة عليه اسم "نظام متعدد الملوك"، وأطلق عليه هارلان كليفلاند الدبلوماسية المستقبلية اسم عالم "بلا مسئول عام"، وأسمته الأنثروبولوجية ماري كاترين بيتسون "نظام عالمي غامض"، أما أنا فأفضل أن أسميه "إيكولوجيا التوجيه"، التي تصف مزيجاً ديناميكياً من المنظمات والأفراد أشبه بالنظم الإيكولوجية - هو بالتأكيد ليس نظاماً ثابتاً، لأن أجزائه لا تني تتغير وكذا النظام ككل، وله خصائص ذاتيات التنظيم، لكنه ليس تماماً تحت فوقي: فمن بين أجزائه العديد من اللاعبين - كالكنيسة الكاثوليكية، والدول القومية الأوتوقراطية، ولجان الكونغرس الأمريكي، والكثير من الشركات



والمنظمات الخاصة، وجيوش في كل مكان - لاعبين تحكمهم أفكار عن السلطة أكثر محافظةً.

## بحثاً عن قصة

إذا كان لي أن أخلص العمليات التطورية المختلفة التي ناقشناها، وأن أجملها جميعاً في جملة واحدة عما يحدث لجنسنا البشري، قلت إننا نشهد تحولاً في الحدود بين ما هو مفروض وما هو مصنوع.

فعلى طول التاريخ عرف الناس خطاً فاصلاً ما بين العالم المفروض والعالم المصنوع: بين مجالات الحياة التي فهموا أنها تصلهم ببساطة - من الطبيعة، من التقاليد، بحكم الظروف - وبين تلك التي يمكن لحد ما أن يشكلوها حسب حاجاتهم ورغباتهم. عاشت الغالبية العظمى من الناس في مجتمعات يسيطر عليها المفروض، وقيلوا ما يصطجه من راحة وقيود. لكن هنا وهناك - في أوروبا مثلاً أثناء عصر النهضة - تحركت الحدود، وتملك الناس إحساساً بهيج بما هو ممكن، ولقد يتضح هذا بجلاء في أعمال كتاب عصر النهضة من أمثال سيليني وميكافيلي وبيكو ديلا ميراندولا. شعروا أن الحياة لهم، يتعلقون بها ويصنعونها. وعن هذا الشعور تدفق الإبداع الهائل في الفن والفلسفة والتوجيه.

ولدينا اليوم من الإمكانيات ما يخلج أمامه عصر النهضة.

رأينا في التاريخ الحديث، ولا زلنا نرى، تحولاً مبالغاً درامياً للحدود القديمة، توسعاً هائلاً لمساحة الحياة يمكننا فيها (بل وفي كثير من الأحيان، لا بد لنا فيها) أن نختار وأن نبدع وأن نشيد، تحولاً يدفعه التغير في المعلومات والتكنولوجيات. ثم إن الربط الحميم المتزايد ما بين تكنولوجياتنا وحياتنا العضوية لا يقلل من حرية الإنسان وقدرته، بل يكون الأثر على عكس ذلك تماماً. إنه يحول وجودنا الشخصي مثلما السياسي. نمكّننا تكنولوجيات تنظيم

النسل من اختيار مَنْ سيبدأ الحياة، أما خيارات "الحق في الموت" فتمكّنتنا من أن نختار متى وكيف نهي الحياة. الناس يتدعون النظم الإيكولوجية ويديرونها، الجنس البشري بسرعة يتحول ليصبح مسئولاً عن إدارة المحيط الحيوي برمته. بل إن الناس الآن يختارون، وهم مدرّكين، ما يعتقدون أنه الحقيقي، ثم المدى الذي يذهبون إليه في اعتقاداتهم. يختارون القيم التي بها يلتزمون ودرجة تمسكهم بها، يختارون الشعائر التي يقيمونها، يختارون الزمّر التي إليها ينتمون وبها يتأثرون. كان البعض من هذه التغيرات يعمل بالعالم منذ قرون، لكن لم يسبق أن حدث في التاريخ ما يقارن بما حدث في عصرنا من تزايد في قدرة الإنسان على تشكيل بيئته الفيزيائية والثقافية.

وهذا بالطبع يكون أوضح ما يكون في المجتمعات الصناعية المتقدمة. الحريات والقوى الجديدة (وما يصحبها من هموم خاصة) لا توزّع - مثل كل شيء آخر في هذا العالم - التوزيع العادل. لكن كل هذا اللانصاف لا يجب أن يغرينا إلى الاعتقاد بأن تحول الحدود لا يحدث إلا في المناطق الأكثر تقدماً في التكنولوجيا والتعددية. فإذا اعتقدت هذا، فالأغلب أن ستسيء فهم ما يحدث للشعوب البعيدة البدائية إذ تكافح لإدارة بيعاتها وإعادة ابتداع ثقافتها التقليدية - لصناعة عالمها، إن أردت. إنه يحدث لكل الناس.

إننا جميعاً نصنع العالم، شئنا أم أبينا. والكثيرون منا لا يحبون ذلك. نطل نفثش عما سببته ممارسات الإنسان لجبروته من دمار بشع للطبيعة، وعن الكرب المولم الذي حل مع الحرية الجديدة لتشكيل الحياة الشخصية والاجتماعية، ثم تتساءل عما إذا كان ثمة سبيل ترد به التطور إلى الوراء.

تشكل التحركات إلى الخلف جزءاً هاماً من السياسات المعاصرة. لكل دولة متقدمة قواها الرجعية - التي تتخذ عادة صورتين مختلفتين، وتنكّب السلاح ضد سلاطات التطور المختلفة، هناك إلى اليمين الرجعيون الذين يقفون ضد التغير الثقافي، الذين ينشدون عصراً ذهبياً موهوماً من النقاء القبلي أو

الوطني. وهناك إلى اليسار الجمهوريون الذين يقفون ضد التغير التكنولوجي، الذين يشددون عصرا ذهبيا موهوماً من الاستقرار البيئي. لكن، أيا كان ما يقوم به الناس، متهورين، من أفعال سيكولوجية وسياسية يسميها المحلل النفسي إريخ فروم "هروبا من الحرية"، فإننا لا نهرب أبداً من مصيرنا الفريد.

ومع تزايد البيومعلومات، يُدفع الناس إلى إدراك أنهم قادرون بل ويقومون بتغيير البيئات الفيزيائية للحياة من حولهم. وهم يصبحون أيضاً أكثر إدراكاً بقدرتهم على الاشتراك في تشييد البيئة الرمزية، يصبحون كذلك لأنهم يعيشون في مجتمعات متقلبة تعددية وسط قراع بين الثقافات والثقافات المضادة - يدركون أن النسيج الخفي البالغ الأهمية من القيم والمعتقدات والمغزى الذي يمنح حياتهم شكلاً، والمؤسسات الرسمية للتوجيه التي تبنى مجتمعاتهم، كلها تخضع لأن يُعاد تشكيلها بأيدي آخرين.

الآن فقط، والقرن العشرون على وشك أن ينتهي، الآن أصبحنا قادرين على أن نجمع الأجزاء سوياً، ونلقى لأول مرة في التاريخ نظرة نحس الأنفاس على التحول الذي يتشكل وتتزايد سرعته عبر العصر الحديث. إنه تحول إلى عالم يصبح فيه الناس مسئولين عن البيئات الفيزيائية والرمزية التي يحيطون فيها: عالم لا تهبط عليهم فيه التكنولوجيا ولا الثقافة - لا الطبع ولا التطيع. وربما كان هذا أصعب ما اضطلع به الإنسان من تحولات، لا ولن يخفف منه إدراكنا، الذي أخذ الآن يلوح، بأننا فعلاً نضطلع به. وسيكون لإكمال هذا التحول هو النشاط السائد في بقية التسعينات وفي القرن الواحد والعشرين.

سيتم العمل معظمه - عند الكثيرين - على المستوى المحلي. سيتضمن تشكيل وإعادة تشكيل مجتمعات محلية ونظم إيكولوجية إقليمية - ربما لا أكثر من الاحتفاظ بدار أو عائلة أو أسلوب حياة. لكن لن يُسمح لأحد بتزف الانفصال عن النظم، النظم الكروية بالذات. عندما صاغ البيولوجي المرحوم

رينيه دوبو عبارته "تصرف محليا وفكر كرضيا"، التقطها الناس ودارت بينهم كشعار جميل الجرس ذي تأثير غامض مُلهم - لكنهم تصوروا أنها مجرد نصيحة تأخذها أو تهملها. وها نحن نكتشف أنك لا تستطيع أن تنجو إذا لم تفكر كرضيا. أصبح شعار دوبو دليل عصرنا، لكنه - في نفس اللحظة التي يحظى فيها بالقبول العام - يوحى بأنه على وشك الزوال. أما الحقيقة الكبرى التي تتجلى الآن فهي أن التمييز بين المحلي والكروزي لم يعد يعني الكثير - لا، ليس في عالم سكانه يتنقلون، أمواله وسلعه ومعلوماته تتدفق في حرية، والقلق حول مواضيع كتغير المناخ يشق طريقه إلى أفكارنا اليومية. نحن نتصرف محليا وكرضيا في آن، ونجد صعوبة شديدة في أن نجد فكرة أو عملاً محلياً خالصاً أو كرضياً خالصاً.

عبر العقدين الماضيين، كان من العصرية أن تقول إننا دخلنا "عصر الحدود"، وأن علينا أن نتعلم أن نحيا داخل مجال كامل من القيود الحديثة (أو المكتشفة حديثاً) مثل محدودية الموارد وقدرة النظم الإيكولوجية على امتصاص الملوثات. في هذا بعض الحقيقة، لكن الوضع قد أسوء فهمه تماماً. المؤكد أن خياراتنا ليست أقل، لا ولا قدراتنا، لا فردياً ولا جماعياً. على العكس، لدينا منها أكثر بكثير. فكلما واجهتنا حدود، تولدت خيارات أكثر، ومضيفنا نكتشف قوى جديدة ونكتشف الحاجة إلى استجابات نشطة. العالم إذن لا يصطدم بمخاطر بقدر ما هو يتقدم إلى مرحلة - لا نرى لها نهاية - من إعادة المستمرة لتعريف الممكن. الجنس البشري، بالتغير التكنولوجي، يدخل حقلاً جديداً: لا مرة واحدة، وإنما المرة بعد المرة.

أصبح التطبيق الصحيح للمعلومات لحل المشاكل هو التحدي الأكبر لعصرنا. إنه لا يبرر الإيمان البسيط "بإصلاح تكنولوجي" سهل، لا ولا هو يبرر أيضاً الرفض البسيط للتكنولوجيا، وإنما هو يدفع الناس والمنظمات والحكومات في كل مكان للتعلم، كما لو كانت حياتهم تتوقف عليه. - لأنها تتوقف عليه.

ولا نحن نرى نهاية لعملية التعلم هذه، إذ يبدو أن الاكتشافات العلمية والتكنولوجية الحديثة إنما تفتح آفاقاً أكثر لما يلزم جديداً أن نتعلمه. لا ولا تبدو في الأفق نقطة نهاية للتعلم عن التعلم - أن نتعلم ألا نفرقنا المعلومات، أن نفهم كيف نطبقها، أن نطور إحساساً أفضل بالمجازفات والمثالب، أن نقدر المخاطر التي قد تنجم عن أي استخدام - أو عدم استخدام - للتكنولوجيا.

أخطار كبار، إمكانيات كبار. الكثير لتعلمه، الكثير لنفعله. طيّب هذا الزمان للحياة !

# معجم المصطلحات الإنجليزية

## (أ) أنجليزى - عربى

(A)

accelerator	مُعَجِّل
activist(s)	نَشِط (نشطاء)
adaptation	تَكْيِف
agroforestry	الزراعة الغابائية
alchemy	خيمياء
alder	(شجرة) الحور الرومى
Alzheimer	(مرض) الزهايمر
amniocentesis	ثَقَب السَّلَى
antelope	تَيْتَل
anthropocentrism	إنْسَمَرَكْزِيَّة - مركزية الإنسان
antibody	جِسم مَضاد
antigen	أَنْتِيْجِين
antisense technology	تِكْنُولُوجِيَا التَّعْطِيل
apes	قَرْدَة عَلِيَا

archaeologist	آثارى
asteroid	لجيمه
atmosphere	الغلاف الجوى (للأرض)
atomization	ترذيد
augmentation	زَيد
augmented	مَزِيد
australopithecus	القرد الجنوبي
automation	أتمتة

### (B)

banking	تبنك
barrens	الفاحلات
barysphere	الغلاف الفلزى الثقيل (للأرض)
biochip	رقاقة بيولوجية
bioelectronic	بيوالكترونى
bioinformation	بيومعلومات - معلومات بيولوجية
biologicals	مستحضرات بيولوجية
biomass	كتلة حيوية
biomedical	بيوطبى
biomining	تعين بيولوجى
binary digit	بيتة
bionic	بيونى - بيوالكترونى

bioinics	بيونيا - بيوالكترونيات
bioregionalism	بيواقليمية ، إقليمية بيولوجية
bioremediation	تنظيف بيولوجي
biosensor	مُستشعر بيولوجي
biosphere	بيوسفير - المحيط الحيوي
biotechnic	بيوتقني
biotechnology	بيوتكنولوجيا
birch	(شجرة) البتولا
birth control	تنظيم النسل
bit (s) [binary digit (s)]	بِتَّة (بيتات)
blenny	(سمكة) البليني
bodynet	شبكة الجسم
breakthrough	فَتْيح
breeding, plant	تربية النبات
bypass	مَجَاوِة

### (C)

caribou	(حيوان) الرنة
carnivores	لاحِمَات
carrier	حامل (للجين)
cash crops	محاصيل نقدية
catalyst	حَقَّاز



cat scan	مَسَح مَقْطَعِي
CD-ROM (Compact Disk Read Only Memory)	قَرص ذَاكِرَة لِلقَرَاءَة فَقْط
CFC (Chloroflorocarbon)	ك ف ك (كَلُورُوفْلُورُوكَرْبُونَات)
chaos	شَوَاش
chicken pox	جَدِيرِي الْمَاء
chip	رَقَاقَة
Chy-Max	كَاي مَأكس
CIMMYT	مَرَكز السِّمِيت (بَالْمَكْسِيك)
clone	كُلُون ، كَلُون
combinatorial (chemistry)	(كِيْمَاء) تَوْفِيقِيَة
comet	مُذَنَّب
compartmentalize	فَيَّأ (يُقَيِّئُ)
compatibility	تَوَافُق
computer	كَمْبِيُوتَر
computerization	كَمْتَرَة
computerize	كَمَتَرَ (يَكْمَتِرُ)
condor	النَّسْر الفَحَّاح
conservation	صِيَانَة
coservationist	صِيَانِي
contraception	مَنْع الحَمْل

convergence	تلاقى - لقاء
cottonwood	شجرة الخور الأمريكى
cougar	أسد الجبل
cowpox	جدري البقر
crane	كُرْكُى
cultivar	سلالة زراعية
cursor	شعرة
cybernation	مَيِّرة
cyberbate	مَيِّر (مَيِّير)
cybernetic	مَيِّيرى
cybernetics	مَيِّير نطيقا
cyclosporin A	ميكلوسبورين أ
cystic fibrosis	مرض التليف الكيسى

## (D)

data	بيانات
data bases	قواعد البيانات
deep ecology	الإيكولوجيا الغويطة
defect	عيب
demoratization	دَقْرَطَة
demography	ديموغرافيا
design proteins	بروتينات تفصيل

detergent	منظف
determinism	حتمية
diabetes	مرض السكر
diagnosis	تشخيص
dialysis	ديالزة
diversity, genetic	تنوع وراثي
DNA (deoxyribonucleic acid)	دنا
donor	واهب
Down syndrome	متلازمة داون
Draize test	اختبار دريز
dysgenics	ديسجينيا

### (E)

ecology	إيكولوجيا
ecosystem	نظام إيكولوجي
electroencephalograph	مرسمة موجات الدماغ
EMG (electromyography)	الرسم العضلي الكهربائي
electrophoresis	تفريد كهربائي
elk	أيل
e-mail	بريد إلكتروني
emergent	طارئ
emphysema	إمفيزيما - انتفاخ الرئة

enkephalin	إنكفالين
environment	بيئة
environmentalism	بيئية
environmentalist	بيئى
erosion, genetic	تآكل (وراثى)
eugenics	يوجينيا
euthanasia	القتل الرحيم
evolution	تطور
exosomatic	خارج الجسد
exotic	مُستجَلَب

## (F)

far green	الخُضْر الدُّكْن
funa	فونا
FDA (food & drug administration)	م غ د (مصلحة الغذاء والدواء)
feedback	تغذية مرتدة
feedstock (crops)	(محاصيل) مغذية
flora	فلورا
fragmentation	تشظية
futurist	مستقبلى

gaia	جايا
gathering	لَمَّة
GATT	الجات
gender	جندر
gene	جين
gene pool	مستودع جيني
gene therapy	العلاج بالجينات
genetics	علم الوراثة
geneware	العتاد الجيني
geophysical	جيوفيزيقي
geopshere (= lithosphere)	الغلاف الصخري (للأرض)
germline	الخط الجرثومي
germplasm	البلازما الجرثومية
global	كُرْصِي
globalization	تكريض
globalize	كُرَّصَ (يُكْرَّص)
governance	توجيه
green	الخَضِرُ
greenhouseeffect	ظاهرة الصوبة
greening	تخضير

## (H)

hardware	عتاد
harmony	توافق
hermaphrodite	خنثى
hierarchy	هيراركية
homonids	أشباه الإنسان
HOT (health oriented telecommunication)	هوت (الاتصالات الموجهة نحو الصحة)
humanistic	إنسانى
humulin	هيومولين
hybridoma	هيريديمومة
hydrosphere	الغلاف المائى (للأرض)

## (I)

ICRISAT	إكريسات (المعهد الدولى لبحوث
ICT (information communication technology)	محاصيل المناطق شبه الجافة) تكنولوجيا المعلومات/الاتصالات
ideologue	مُتمَذِّب
imaging	صَوْرِيَّة
immunization	تَحْصِين
immunology	علم المناعة
implants	مغروسات

inbreeding	تربية داخلية
indigo	صبغة النيلة
informatics	المعلوماتية
information	معلومات
informatization	أعلَمة
infotech	إنفوتكنولوجيا - تكنولوجيا المعلومات
inoculation	تطعيم
in situ	فى الموقع
insulin	إنسولين
interferon	إنترفيرون
interleukin	إنترلوكين
internet	إنترنت
in vivo	فى الحى
in vitro	فى الأنبوب
IRRI	إيرى (معهد بحوث الأرز بالفلبين)
itemize	فَيَّا (بقِيء)

## (J)

jack pine	الصنوبر الأمريكى
-----------	------------------

## (K)

kit	عدة
-----	-----

## (L)

landrace	صنف بلدى
leishmaniasis	(داء) الليشمانيا
leukemia	لوكيميا
life expectancy	أجل متوقع
life span	طول العمر
lignocellulose	سليولوز خشبي
lithosphere (= geosphere)	الغلاف الصخري (للأرض)
lobby	دهليز - دَهْلَز (يُدْهَلِز)
lobbying	دَهْلَزَة
logo	لوجو

## (M)

macroecology	ماكروإيكولوجيا
manic depression	هوس اكتابي
manipulate	تأبَل (يُتَابَل)
manipulation	مَتَابَلَة
mapping	خَرْطَلَة
marker	وَأَسِم
media	ميديا - أجهزة الإعلام
metabolism	أَيَض
metatheories	ما بعد النظريات



miasma	ميازما
millet	دُخْن
mimic viruses	محاكيات الفيروسات
mode	نَسَق
modeling	نَمْدَجَة
monoclonal antibodies	أجسام مضادة نقية
monoculture	الزراعة الأحادية
moose	أيل الشمال

## (N)

NAFTA	نافتا
nanotechnology	نانوتكنولوجيا
nation state	دولة قومية
nerd	شخص تافه
NGO(non governmental organization)	م غ ح (منظمة غير حكومية)
noosphere	المحيط العقلي
not noticing syndrome	متلازمة «إنا لا نلاحظ»

## (O)

oncomouse	فأر السرطان
optic fibres	ألياف بصرية
ore	رَكَاز

organic farming

الزراعة العضوية

(P)

pacemaker

ضابط النبض

panther

النمر الأرقط

PCR (polymerase chain

تفاعل البوليميريز المتسلسل

reaction)

pearl millet

دُخن لؤلؤى

pharm

مزرعة صيدلية

pharmaceutical

مستحضرات صيدلية

pharmacology

علم العقاقير

phytoplankton

بلائكتون نباتى

pine

صنوبر

plankton

بلائكتون

plaque

لطفة

polio

شلل الاطفال

pool, gene

مستودع جينى

postmodernism

ما بعد الحداثة

pox

جدرى

primates

الرئيسات

procubine

أبو شوك، الشيهيم (حيوان)

projection

إسقاط

proprioceptor

مستقبل الحس العميق

prostaglandin

بروستاجلاندين

prosthesis = prosthetics

جراحة ترقيعية

public purse

بيت المال

## (Q)

quark

كوارك

## (R)

racism

عنصرية

recombinant DNA

دنا مطعم، دنا مطعم

recycling

إعادة تدوير

regionalism

إقليمية

rescue, genetic

إنقاذ وراثي

retovirus

فيروس ارتجاعى

robot

إنسالى

robotization

أنسلة

robotize

أنسل (يُنْسِل)

## (S)

satellite

قمر اصطناعى

scanning

مسح

scattering

استطارة

SCID (severe combined  
immunodeficiency)

مرض نقص المناعة الحاد المشترك

semiconductor

شبه موصل

sensor

مُسْتَشْعِر

sequence

تَتَابُع، سَلْسَلَة (يُسَلِّل)

sequencing

سَلْسَلَة

sexism

جنسانية

simulation

محاكاة

sociobiologist

سوسيولوجيولوجي

software

برمجيات

sorghum

ذرة عروبة

specificity

نوعية

sperm

حَيْمَن (حيوان منوى)

spruce

التَّوْب: القَضَى (شجرة)

strain

سلالة

subnational

تحت قومية

supernational

فوق قومية

sustainable

متواصل

surrogate (mother)

(أم) بديلة

symbiosis

تعایش

syndrome

متلازمة

synthesis

تخليق

system (s)

نظام (ج: نُظْم)

## (T)

Tay-Sachs

تاي ساكس (مرض)

T-cells

خلايا - ت

tertiary

الحقبة الثالث

text

نَصّ

think tank

مستودع فكري

Tierra

تيرا

tissue culture

زراعة الأنسجة

tobacco

الطباق، التبغ (نبات)

totem

طُوطَم

totemism

طُوطَمِيّة

TPA (tissue plasminogen

منشط بلازمينوجين الأنسجة

activator)

transgenic

عبر جيني

transplantation

ازدراع

transexual

عبر جنسي

trumpeter

بَوّاق (طائر)

## (V)

vaccination

تطعيم

variety	سلالة
variola	جدري
virtual reality	الواقع التخليلى
virus	فيروس
visual imagery	التصور الذهنى البصرى
visiographic	بصرى تصويرى

## (W, X)

whooping cough	السعال الديكى
whooping crane	الكرُكى الشهاق (طائر)
wrasse	اللبروس (سمكة)
WWW (world wide web)	شبكة العالم أجمع
X-rays	أشعة إكس ، الأشعة السينية

## (ب) عربى - أنجليزى

### (أ)

procubine	أبو شوك (شيهم)
automation	أتمتة
archaeologist	آثارى
monoclonal antibodies	أجسام مضادة نقية
life expectancy	أجل متوقع
media	أجهزة الإعلام
Draize test	اختبار دريز
transplantation	ازدراع
scattering	استطارة
cougar	أسد الجبل
projection	إسقاط
homonids	أشباه الإنسان
X-rays	أشعة إكس - أشعة سينية
recycling	إعادة تدوير
informatization	أعلمة
regionalism	إقليمية

bioregionalism	إقليمية بيولوجية (بيوإقليمية)
ICRISAT	إكريسات (المعهد الدولي لبحوث المحاصيل بالمناطق شبه الجافة)
Alzheimer	ألزهايمر، مرض
optic fibres	ألياف بصرية
surrogate mother	أم بديلة
emphysema	إمفيزيما، انتفاخ الرئة
interferon	إنترفيرون
interleukin	إنترلوكين
internet	إنترنت
emphysema	انتفاخ الرئة، إمفيزيما
antigen	أنتيجين
robot	إنسالي
humanistic	إنساني
insulin	إنسولين
robotize	أنسل (يؤنسل)
robotization	أنسلّة
anthropocentrism	إنسمركية (مركزية الإنسان)
infotech	إنفوتكنولوجيا (تكنولوجيا المعلومات)
genetic rescue	إنقاذ وراثي
enkephalin	إنكفالين



metabolism	أيض
ecology	إيكولوجيا
deep ecology	الإيكولوجيا الغريبة
elk	أيل
moose	أيل الشمال

( ب )

birch	البتولا ، شجرة
surrogate mother	بديلة، أ
design proteins	بروتينات تفصيل
prostaglandin	بروستاجلاندين
software	برمجيات
e-mail	بريد إلكتروني
visuographic	بصري تصويري
germplasm	بلازما جرثومية
plankton	بلائكتون
phytoplankton	بلائكتون نباتي
blenny	البلينى ، سمكة
trumpeter	بواق
data	بيانات
environment	بيئة
environmentalist	بيئي

environmentalism	بيئة
public purse	بيت المال
bit (s) [binary digit]	بـتة (ج: بيتات)
bioreginalism	بيوإقليمية
biotechnic	بيوتقنى
biotechnology	بيوتكنولوجيا
biosphere	بيوسفير (المحيط الحيوى)
biomedical	بيوطبى
bioinformation	بيومعلومات (معلومات بيولوجية)
bionic	بيوالكترونى (بيونى)
bionic	بيونى (بيوالكترونى)
bionics	بيونيا (بيو إلكترونيات)

### (ت)

genetic erosion	تآكل وراثى
Tay - Sachs	تاى ساكس (مرض)
tobacco	تبغ (نبات)
banking	بنك
sequence	تتابع
subnational	تحت قومية
immunization	تخصين
greening	تخضير

inbreeding	تربية داخلية
plant breeding	تربية النبات
atomization	ترذيد
diagnosis	تشخيص
fragmentation	تشظية
visual imagery	التصور الذهني البصري
inoculation, vaccination	تطعيم
evolution	تطور
symbiosis	تعايش
biomining	تعددين بيولوجي
feedback	تغذية مرتدة
PCR (polymerase chain reaction)	تفاعل البوليميريز المتسلسل
electrophoresis	تفريد كهربائي
globalization	تكريض
antisense technology	تكنولوجيا التعطيل
infotech	تكنولوجيا المعلومات (إنفوتكنولوجيا)
ICT (information/communication technology)	تكنولوجيا المعلومات/الاتصالات
adaptation	تكيف
convergence	تلاقى (لقاء)
cystic fibrosis	التليف الكيسي، (مرض)

synthesis	تمثيل
bioremediation	تنظيف بيولوجي
birth control	تنظيم النسل
spruce	التوب الفضي ، شجرة
genetic diversity	تنوع وراثي
compatibility, harmony	توافق
governance	توجيه
combinatorial chemistry	توفيقية ، كيمياء
antelope	تيتل
Tierra	تييرا

### (ث)

amniocentesis	نَقَب السَّلي
---------------	---------------

### (ج)

GATT	الجات
gaia	جايا
pox, viriola	جدري
cow pox	جدري البقر
chicken pox	جدري الماء
prosthetics, prosthesis	جراحة ترقيعية
antibody	جسم مضاد

gender	جندو
sexism	جنسانية
gene	جين
geophysical	جيوفيزيقي

## (ح)

carrier	حامل (للجين)
determinism	حتمية
catalyst	حقّاز
tertiary	الحقّب الثالث
cottonwood	الحور الأمريكى، شجرة
alder	الحور الرومى، شجرة
Sperm	حيمن (حيوان منوى)

## (خ)

exosomatic	خارج الجسد
mapping	خريطة
green	الخضّر
far green	الخضّر الدُّكن
germline	الخط الجرثومى
T-cells	خلايا ت
hermaphrodite	خنثى
alchemy	خيمياء

(د)

millet	دُخْن
pearl millet	دُخْن لؤلؤی
democratization	دَقْرَطَة
DNA	دنا
recombinant DNA	دنا مُطَعَّم، دنا مَطْعُوم -
lobby	دَهْلَز (یدَهْلَز)
lobby	دهلیز
lobbying	دَهْلَزَة
nation state	دولة قومية
dysgenics	دیسجینیا
dialysis	دِیْلَزَة
demography	دیموغرافیا

(ذ)

sorghum	ذرة عويجة
---------	-----------

(ر)

primates	الرئيسات
EMC (electromyography)	الرسم العضلي الكهربائي
chip	رقاقة
biochip	رقاقة بيولوجية
ore	رکار

caribou

الرنة، حيوان

(ج)

monoculture

الزراعة الأحادية

tissue culture

زراعة الأنسجة

organic farming

الزراعة العضوية

agroforestry

الزراعة الغابية

augmentation

زَيْد

(س)

whooping cough

السعال الديكي

strain, variety

سلالة

cultivar

سلالة زراعية

sequence

سَمَل (سَمَل)

sequence

سَمَلَة

sequencing

سَمَلَة

lignocellulose

السليلوز الخشبي

sybernate

سَيِّر (سَيِّر)

cybernation

سَيِّرة

cybernetics

سَيِّر نَطِيقَا

cyclosporin A

سيكلوسبورين أ

sociobiologist

سيوسولوجي

## (ش)

bodynet	شبكة الجسم
WWW (World wide Web)	شبكة العالم أجمع
semiconductor	شبه موصل
nerd	شخص تافه
cursor	شعرة
'polio	شلل الأطفال
chaos	شواش
procubine	شيهم (أبو شوك)

## (ص)

indigo	صبغة النيله
landrace	صنف بلدى
pine	صنوبر
jack pine	الصنوبر الأمريكى
imaging	صورية
conservation	صيانة
conservationist	صيانى

## (ض)

pacemaker	ضابط النبض
-----------	------------

## (ط)

emergent	طارئ
----------	------



tobacco	الطباق ، نبات
totem	طُوطَم
totemism	طُوطمية
life span	طول العمر

(ظ)

greenhouse effect	ظاهرة الصوبة
-------------------	--------------

(ع)

trans sexual	عبر جنسى
transgenic	عبر جينى
hardware	عتاد
geneware	العتاد الجينى
kit	عدة
gene therapy	العلاج بالجينات
pharmacology	علم العقاقير
immunology	علم المناعة
genetics	علم الوراثة
racism	عنصرية
genetic defect	عيب (وراثى)

(غ)

atmosphere	الغلاف الجوى (للأرض)
geosphere, lithosphere	الغلاف الصخرى للأرض
barysphere	الغلاف الفلزى للأرض
hydrosphere	الغلاف المائى للأرض

(ف)

oncomouse	فأر السرطان
breakthrough	فتح
supernational	فوق قومية
fauna	فونا
flora	فلورا
compartmentalize, itemize	قَيِّمَ (يُقَيِّمُ)
in vitro	فى الأنبوب
in vivo	فى الحى
in situ	فى الموقع
virus	فيروس
retrovirus	فيروس ارتجاعى

(ق)

barrens	القاحلات ، الاراضى
euthanasia	القتل الرحيم
australopithecus	القرود الجنوبي

apes	قردَة عليا
CD-ROM (compact disc read only memory)	قرص ذاكرة للقراءة فقط
satellite	قمر اصطناعي
data base	قواعد بيانات

### (ك)

Chy - Max	كاي - ماكس
biomass	كتلة حيوية
globalize	كَرِّضَ
global	كُرِّضِي
crane	كُرْنِي
whooping crane	الكُرْنِي الشَّهَاق
CFC (chlorophlorocarbonates)	ك ف ك (كلوروفلوروكربونات)
clone	كَلُون (يُكَلُون)
clone	كُلُون
computer	كمبيوتر
computerize	كَمَّتَر (يُكَمَّتَر)
computerization	كَمْتَرَة
quark	كوارك
combinatorial chemistry	كيمياء توفيقية

## (ل)

carnivores	لاجمات
wrasse	اللبروس، سمكة
plaque	لطفة
logo	لوجو
leukemia	لوكيميا
gathering	لَمّة
leishmaniasis	الليشمانيا، داء

## (م)

postmodernism	ما بعد الحداثة
metatheories	ما بعد النظريات
macroecolgy	ماكروإيكولوجيا
syndrome	متلازمة
not noticing syndrome	متلازمة «إنا لا نلاحظ»
Down syndrome	متلازمة داون
ideologue	مُتَمَذِّب
sustainable	متواصل
bypass	مجاراة
feedstock crops	محاصيل مغذية
cash crops	محاصيل نقدية
simulation	محاكاة

mimic viruses	محاكيات الفيروسات
noosphere	المحيط العقلي
comet	مُذَتَّب
electroencephalograph	مَرَسَمَة موجات الدماغ
diabetes	مرض السكر
CIMMYT	مركز السيميت
anthropocentrism	مركزية الإنسان (إنسمركزية)
pharm	المزرعة الصيدلية
augmented	مَزِيد
exotic	مُسْتَجَلَب
biologicals	مستحضرات بيولوجية
pharmaceuticals	مستحضرات صيدلية
sensor	مستشعر
biosensor	مستشعر بيولوجي
proprioceptor	مستشعر الحس العميق
futurist	مستقبلي
gene pool	مستودع جيني
think tank	مستودع فكري
scanning	مَسَح
CAT scan	مَسَح مقطعي
accelerator	مُعَجِّل

information	معلومات
bioinformation	معلومات بيولوجية (بيومعلومات)
informatics	معلوماتية
IRRI	معهد بحوث الأرز (بالفلبين)
ICRISAT	المعهد الدولي لبحوث المحاصيل بالمناطق شبه الجافة (إكريسات)
FDA (food & drug adminstration)	م غ د (مصلحة الغذاء والدواء)
implants	مفروسات
NGO (nongovernmental organization)	م غ ح (منظمة غير حكومية)
manipulation	منابذة
TPA (tissue plasminogen activator)	منشط بلازمينوجين الأنسجة
NGO (non governmental organization)	منظمة غير حكومية (م غ ح)
contraception	منع الحمل
detergent	منظف
miasma	ميازما
media	ميديا (أجهزة الإعلام)

( ن )

manipulate	تَابَل (يُتَابَل)
NAFTA	نافتا
nanotechnology	نانوتكنولوجيا
asteroid	نُجَيْمَة
condor	النَّسْرُ الفَحَّاح
mode	نَسَق
activist (s)	نَشِيط (ج: نَشِطَاء)
text	نَص
system (s)	نِظَام (ج: نُظُم)
ecosystem	نِظَام إِيكُولُوجِي
SCID (severe combined immunodeficiency)	نَقْصُ المُنَاعَةِ الحَادِ المَشْتَرَك، مَرَض
modeling	نَمْلِجَة
panther	النَمِر الأَرْقَط
specifity	نَوْعِيَة

( هـ )

HOT (health oriented telecommunications)	هُوتْ (الاتصالات الموجهة نحو الصحة)
manic depression	هُوس اكتئابى
hybridoma	هَيْبْرِيدُومَة

hierarchy

هیرارکیه

humulin

هیومولین

(و)

marker

واسم

donor

واهب

(ی)

eugenics

یوجینیا

(ز)



## منافذ بيع مكتبة الأسرة الهيئة المصرية العامة للكتاب

### مكتبة المعرض الدائم

١١٩٤ كورنيش النيل - رملة بولاق  
مبنى الهيئة المصرية العامة للكتاب  
القاهرة - ت : ٢٥٧٧٥٣٦٧

### مكتبة ساقية

عبد النعم الصاوي  
الزمالك - نهاية ش ٢٦ يوليو  
من أبو الفدا - القاهرة

### مكتبة مركز الكتاب الدولي

٣٠ ش ٢٦ يوليو - القاهرة  
ت : ٢٥٧٨٧٥٤٨

### مكتبة المبتديان

١٣ ش المبتديان - السيدة زينب  
أمام دار الهلال - القاهرة

### مكتبة ٢٦ يوليو

١٩ ش ٢٦ يوليو - القاهرة  
ت : ٢٥٧٨٨٤٣١

### مكتبة ١٥ مايو

مدينة ١٥ مايو - حلوان خلف مبنى الجهاز  
ت : ٢٥٥٠٦٨٨٨

### مكتبة شريف

٣٦ ش شريف - القاهرة  
ت : ٢٣٩٣٩٦١٢

### مكتبة الجيزة

١ ش مراد - ميدان الجيزة - الجيزة  
ت : ٣٥٧٢١٣١١

### مكتبة عرابي

٥ ميدان عرابي - التوفيقية - القاهرة  
ت : ٢٥٧٤٠٠٧٥

### مكتبة جامعة القاهرة

بجوار كلية الإعلام - بالحرم الجامعي -  
الجيزة

### مكتبة الحسين

مدخل ٢ الباب الأخضر - الحسين - القاهرة  
ت : ٢٥٩١٣٤٤٧

### مكتبة رادويس

ش الهرم - محطة المساحة - الجيزة  
مبنى سينما رادويس

### مكتبة أكاديمية الفنون

ش جمال الدين الأفغانى من شارع

محطة المساحة - الهرم

مبنى أكاديمية الفنون - الجيزة

ت : ٣٥٨٥٠٢٩١

### مكتبة الإسكندرية

٤٩ ش سعد زغلول - الإسكندرية

ت : ٠٢/٤٨٦٢٩٢٥

### مكتبة الإسماعيلية

التملك - المرحلة الخامسة - عمارة ٦

مدخل (أ) - الإسماعيلية

ت : ٠٦٤/٣٢١٤٠٧٨

### مكتبة جامعة قناة السويس

مبنى الملحق الإدارى - بكلية الزراعة -

الجامعة الجديدة - الإسماعيلية

ت : ٠٦٤/٣٣٨٢٠٧٨

### مكتبة بورفؤاد

بجوار مدخل الجامعة

ناصية ش ١٤، ١١ - بورسعيد

### مكتبة أسوان

السوق السياحى - أسوان

ت : ٠٩٧/٢٣٠٢٩٣٠

### مكتبة أسيوط

٦٠ ش الجمهورية - أسيوط

ت : ٠٨٨/٢٣٢٢٠٣٢

### مكتبة المنيا

١٦ ش بن خصيب - المنيا

ت : ٠٨٦/٢٣٦٤٤٥٤

### مكتبة المنيا (فرع الجامعة)

مبنى كلية الآداب - جامعة المنيا - المنيا

### مكتبة طنطا

ميدان الساعة - عمارة سينما أمير - طنطا

ت : ٠٤٠/٣٣٣٢٥٩٤

### مكتبة المحلة الكبرى

ميدان محطة السكة الحديد

عمارة الضرائب سابقاً

### مكتبة دمنهور

ش عبدالسلام الشاذلى - دمنهور

### مكتبة المنصورة

٥ ش الثورة - المنصورة

ت : ٠٥٠/٢٢٤٦٧١٩

### مكتبة منوف

مبنى كلية الهندسة الإلكترونية

جامعة منوف



